

## میانگین بلند مدت سپیدایی سطح زمین بر روی ایران در دوره ۲۰۰۱-۲۰۲۱ با داده‌های مودیس

امید رضا کفایت مطلق<sup>۱</sup>، محمد دارند<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup>پسادکتري آب و هواشناسي، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

<sup>۲</sup>استاد آب و هواشناسي، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

### چکیده

سپیدایی از فراسنج‌های کلیدی در مطالعات آب و هوایی می‌باشد. بررسی آب و هواشناسی سپیدایی می‌تواند ابزاری برای شناخت تغییرات محیطی باشد. سنجنده مودیس سپیدایی سطح زمین را بطور مستمر در مقیاس جهانی و با قدرت تفکیک مکانی مناسب تولید و در دسترس پژوهشگران قرار می‌دهد. در این پژوهش جهت واکاوی آب و هواشناسی سپیدایی ایران، نخست داده‌های فرآورده MCD43A4 سنجنده مودیس در محدوده ایران در بازه زمانی ۲۰۰۱/۱/۱ تا ۲۰۲۱/۱۲/۳۰ با تفکیک مکانی ۵۰۰ متری و تفکیک زمانی روزانه از وبگاه ناسا برداشت شد. پس از پیش پردازش‌های لازم، میانگین بلندمدت ماهانه، فصلی و سالانه سپیدایی ایران محاسبه گردید. یافته‌ها در مقیاس ماهانه نشان داد که در ماه‌های سرد سال (Jan, Feb, Mar) که ماه‌های برف‌پوش ایران شناخته می‌شوند، سپیدایی ایران بیشینه شده و ماه‌های گذار فروکش کرده و سپس در ماه‌های گرم سال (June, July, Aug) به سبب خشکی زمین و افزایش دمای رویه زمین دوباره افزایش می‌یابد. این رفتار دو سویه در مقیاس فصلی نیز آشکار است. بطوری که سپیدایی ایران در فصول زمستان و تابستان بیشینه و در فصول بهار و پاییز (فصول گذار) کمینه می‌باشد. همچنین یافته‌ها گویای آن است که میانگین بلندمدت سپیدایی ایران حدود ۱۲/۵ درصد است. با آگاهی از محدود بودن پوشش برفی ایران، پایین بودن سپیدایی ایران طبیعی به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: سپیدایی، ایران، برف، دمای رویه زمین، مودیس

### ۱ مقدمه

سپیدایی سطح فراسنجی است که نسبت میان تابش خورشیدی بازتاب شده از سطح زمین به تابش خورشیدی فرود آمده بر آن را نشان می‌دهد. این فراسنج در تنظیم ترازمندی تابشی سطح زمین نقش بسیار مهم دارد. تغییرات زمانی و مکانی سپیدایی سطح زمین بسیار زیاد است. با تغییر پوشش زمینی و وضعیت سطح تغییرات چشمگیری در سپیدایی سطح رخ می‌دهد مثلاً برف (هی و همکاران، ۲۰۱۳)، پوشش گیاهی (لیون و همکاران، ۲۰۰۸؛ لاری و همکاران، ۲۰۱۱)، گسترش شهرها (آفریل و همکاران، ۲۰۰۵؛ هو و همکاران، ۲۰۱۹؛ ژانو و همکاران، ۲۰۲۲)، رطوبت خاک (گاورتس و لاتانزیو، ۲۰۰۸، ژو و همکاران، ۲۰۱۱) اثر چشم‌گیری بر سپیدایی دارد (هی و همکاران، ۲۰۱۴). مهم‌ترین پیامد معنی‌دار و قابل پیش‌بینی در خصوص سپیدایی، از طریق گرمایش جهانی قابل مشاهده است. مطالعات نشان داده‌اند که به استثنای یخ‌های قطب جنوب (اخیراً یک درصد در سال میزان سپیدایی افزایش داشته است)، به دلیل کاهش سطح پوشش برف (سولومون، ۲۰۰۷) و حتی ابرناکی، انرژی کمتری به فضا بازتاب می‌شود. یا به بیانی میزان سپیدایی رفتاری کاهشی داشته است. همین امر به گرمایش زمین در سطح جهان می‌افزاید که در این میان سرزمین ایران از این قاعده مستثنا نمی‌باشد. ابزارهای جدید

\* نویسنده مسئول:

m.darand@uok.ac.ir

ماهواره‌ای، اطلاعات فراوانی را در مورد سپیدایی سطح زمین تولید کرده‌اند. این داده‌ها نشان می‌دهند که چه مقدار از تابش خورشید از سطح زمین بازتاب شده است (پیتی، ۲۰۰۵). بر همین اساس پژوهشگران زیادی به منظور آب و هواشناسی سپیدایی رویه زمین از داده‌های دورسنجی استفاده نموده‌اند (جکسون و همکاران، ۱۹۸۷؛ مایگنان و همکاران، ۲۰۰۴؛ مولر، ۲۰۰۶؛ روتان و همکاران، ۲۰۰۹؛ هی و همکاران، ۲۰۱۴؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۸؛ کریر و همکاران، ۲۰۲۱ و منگیو و همکاران، ۲۰۲۳).

واکاوی آب و هواشناسی سپیدایی سطح زمین می‌تواند تغییرات محیطی را آشکار کند و اطلاعات ارزشمندی برای مدل سازی آب و هوایی فراهم آورد. از این رو پژوهش‌های زیادی بر روی آب و هواشناسی سپیدایی سطح زمین انجام شده است. در پژوهشی میانگین سپیدایی سطح زمین در کمربندهای ۲ درجه‌ای عرض جغرافیایی از ۱ آوریل ۱۹۷۴ تا ۳۱ مارس ۱۹۷۵ بررسی شد. نتایج اولیه نشان داد که بیشینه سپیدایی در کمربند قطبین و کمینه آن در کمربند استوایی دیده می‌شود. کمربند ۸۰-۹۰ درجه قطب جنوب در تمام ماه‌های سال سپیدایی بالای ۸۰ درصد را تجربه می‌کنند، در حالی که همین کمربند در قطب شمال سپیدایی ۶۰-۸۰ درصد دیده می‌شود. این تفاوت ناشی از گستردگی و ستبرای کلاهک‌های یخی قطب جنوب نسبت به قطب شمال است (کوکلا و رایبسون، ۱۹۸۰). افزایش سپیدایی سطح زمین در طول خشکسالی دهه ۸۰ منطقه ساحل آفریقا مورد ارزیابی قرار گرفت. مقایسه سپیدایی سطح از سال ۱۸۸۴ که خشک‌ترین سال دهه ۸۰ بوده با سال ۲۰۰۳ که میزان بارش مشابهی نسبت به شرایط پیش از خشکسالی دهه ۸۰ داشت، نشان داد که کمبود بارندگی موجب افزایش سپیدایی سطح در طی خشکسالی‌های دهه ۸۰ شده و تفاوت مقدار سپیدایی بین سال‌های ۱۹۸۴-۲۰۰۳ برابر با ۰/۰۶ بوده است (گاورتس و لاتانزیو، ۲۰۰۸). در پژوهشی تغییرات سالانه و ماهانه میانگین سپیدایی سطح زمین در کمربندهای عرض جغرافیایی طی دوره زمانی ۲۰۰۸-۲۰۰۰ با داده‌های مودیس بررسی شد. نتایج نشان داد که این تغییرات بین عرض‌های ۵۰ درجه جنوبی تا ۳۰ درجه شمالی بسیار اندک است. بیشترین تغییرات فصلی سپیدایی بین عرض‌های ۳۰ تا ۷۰ درجه شمالی رخ می‌دهد؛ علت این تغییرات فنولوژی است. در نیمکره جنوبی بیشترین تغییرات فصلی بین عرض ۵۰ تا ۷۰ درجه جنوبی دیده می‌شود که علت آن تغییرات فصلی پوشش برف و یخ است. کمترین مقدار سپیدایی بین عرض ۱۰ درجه جنوبی تا ۱۰ درجه شمالی دیده می‌شود. همچنین نتایج حاکی از آن است که تغییرات فصلی سپیدایی سطح زمین در کمربندهای مداری نیمکره شمالی بیشتر از نیمکره جنوبی است (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۰). در پژوهشی دیگر تغییرات زمانی-مکانی سپیدایی فلات تبت طی دوره ۱۹۸۲-۲۰۱۵ بررسی شد. نتایج آب و هواشناسی ماهانه نشان داد که در ماه‌های ژانویه و فوریه سپیدایی فلات تبت به حدود ۲۸ درصد می‌رسد اما در ماه‌های آگوست و سپتامبر کمینه شده و به حدود ۱۸ درصد می‌رسد. بررسی‌های مکانی نشان داد که نواحی غربی فلات نسبت به نواحی شرقی سپیدایی بالاتری دارند. از این رو بالاترین سپیدایی (بیش از ۴۰ درصد) در نواحی شمال غربی فلات تبت و پایین‌ترین مقادیر (کمتر از ۱۵ درصد) در نواحی جنوب شرقی فلات تبت دیده می‌شود. بطور کلی طی بازه ۳۴ ساله میانگین سپیدایی فلات تبت ۲۲ درصد برآورد شد که هماهنگ با پژوهش لین و همکاران (۲۰۲۰) می‌باشد. ایشان بر مبنای داده‌های مودیس میانگین سپیدایی فلات تبت را ۲۱ درصد برآورد کرده‌اند. همچنین نتایج گویای آن است که بالاترین سپیدایی سطحی در مناطق کوهستانی از جمله هیمالیا، کاراکورام، کونلون، ناینچن، تانگولا و قیلیان که سطح آن توسط یخچال‌های طبیعی چند ساله و برف‌های دائمی پوشیده شده، توزیع شده است. پایین‌ترین سپیدایی نیز در جنوب شرقی فلات قرار داشت، جایی که کوه‌های هنگدوان پوشیده از جنگل‌های انبوه است (پانگ و همکاران، ۲۰۲۲).

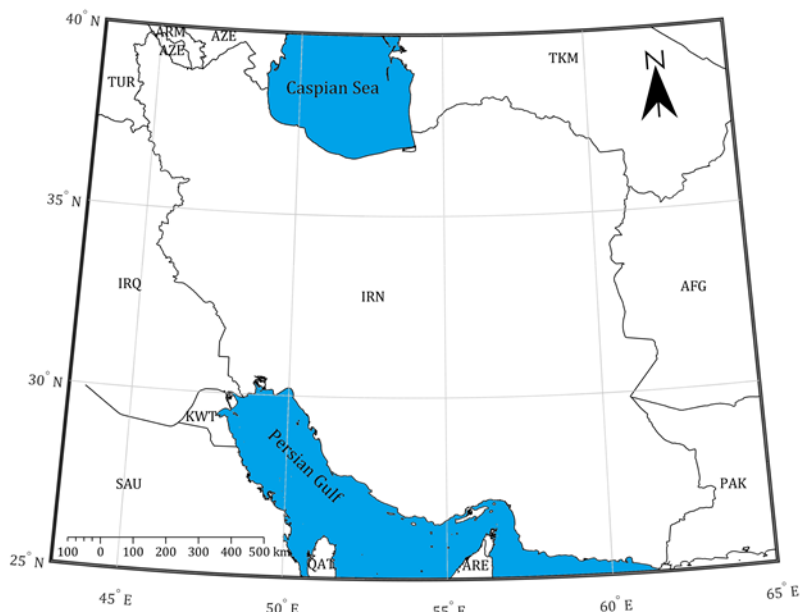
ایران به دلیل گستردگی زیاد به لحاظ طول و عرض جغرافیایی و تنوع در پیکربندی ناهمواری‌ها از نظر سپیدایی شرایط ویژه‌ای دارد. هر یک از پدیده‌های جغرافیایی میزان سپیدایی خاص خود را دارند و بسته به نوع پوشش سطح زمین میزان سپیدایی سطح تغییر می‌کند. به طور کلی مقدار سپیدایی کلی زمین حدود ۰/۳۱ است. بنابراین با آگاهی از میزان سپیدایی هر نقطه می‌توان شناخت دقیقی از پدیده‌های سطح زمین داشت. سپیدایی تحت تأثیر عرض جغرافیایی، ارتفاع و توده‌های هوا قرار دارد، به طوری که با تغییر هر یک از این عوامل، سپیدایی نیز تغییر خواهد کرد. به عبارت دیگر، شرایط کلی سپیدایی تابعی از زاویه تابش و ارتفاع است و عوامل دیگری مانند دما، ابرناکی، پوشش گیاهی، رطوبت خاک و حتی نوع خاک در سپیدایی هر مکان نقش دارند. در ایران پژوهش‌های زیادی در مقیاس محلی بر روی سپیدایی انجام شده است (اکبرزاده و همکاران، ۱۳۹۲؛ خیرخواه زرکش و همکاران، ۱۳۹۳؛ تازیک و همکاران، ۱۳۹۴؛ فیروزی و همکاران، ۱۳۹۷؛ اسدی و همکاران، ۱۳۹۹). در برخی از پژوهش‌ها نیز سپیدایی در مقیاس کلان مطالعه شده است (حجازی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶؛ سلطانی‌اکمل، ۱۳۹۷؛ کربلایی، ۱۳۹۹؛ کفایت مطلق، ۱۴۰۰). اما در پژوهش‌های اندکی آب و هواشناسی سپیدایی ایران بررسی شده است. برای نمونه در پژوهشی روند سپیدایی ایران با داده‌های مودیس (MOD43A3) طی دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۸ بررسی شد. نتایج نشان داد که نرخ کاهش سپیدایی و شمار روزهای برفی (SCD) در ایران به ترتیب ۰/۰۲- و ۰/۵۲- در هر دهه بوده است در حالی که نرخ افزایش NDVI و LST در ایران به ترتیب ۰/۰۰۹ و ۰/۰۷ در هر دهه می‌باشد. همچنین ضرایب روند سپیدایی در فصول زمستان، بهار، تابستان و پاییز به ترتیب ۲/۱-، ۱/۴۷-، ۰/۶۳- و ۱/۱۹- بدست آمد که این موضوع بیانگر کاهش سپیدایی ایران در تمام فصول می‌باشد (کربلایی و همکاران، ۲۰۲۲). از آنجایی که سپیدایی متغیر فیزیکی بسیار مهمی در مطالعات زیست محیطی، هواشناسی و بیلان تابشی محسوب شده و بر حیات زیست-بوم‌های گیاهی و حیوانی تأثیرگذار است لازم است میانگین بلندمدت سپیدایی ایران بررسی شود و آشکار شود که میانگین بلندمدت ماهانه، فصلی و سالانه سپیدایی ایران چقدر است؟ در چه مناطقی از ایران سپیدایی بیشینه و در چه مناطقی کمینه است؟ بیشینه / کمینه بودن سپیدایی در گستره کشور دستخوش چه فراسنجی است؟ آیا سپیدایی در گستره کشور تنها وابسته به برف است، یا فراسنج دیگری نیز دخیل است؟

پاسخ به هر یک از این پرسش‌ها به شناخت جغرافیایی کشور کمک شایانی می‌نماید. چرا که با مطالعه آب و هواشناسی سپیدایی می‌توان به تغییرات محیطی پی برد. مطالعه سپیدایی سطح زمین در شمار زیادی از پژوهش‌های پیشین برای یک دوره نسبتاً کوتاه یا بر روی پهنه‌ای محلی انجام شده، اما در این پژوهش سپیدایی برای یک دوره بلندمدت (۲۰۰۱-۲۰۲۱) بررسی شده است. افزون بر این، این پژوهش در گستره وسیع کشور ایران انجام شده است. از این رو می‌تواند به عنوان یک پژوهش جامع در خصوص تحلیل فضایی-زمانی سپیدایی سطح زمین به شمار رود.

### ۱.۱ منطقه مورد مطالعه

آشنایی به موقعیت جغرافیایی هر کشور کلید درک بسیاری از مسائل جغرافیایی آن کشور است. بدین جهت سرزمین ایران با وسعت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع مابین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۴ تا ۶۴ درجه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). ایران از لحاظ آب و هوایی یکی از منحصر به فردترین کشورهای جهان محسوب می‌شود و در برخی نواحی آن چهار فصل به خوبی نمایان است. میانگین سالانه بارش ایران حدود ۲۵۰ میلی‌متر است اما بارش دریافتی مناطق کویری از ۵۰ میلی‌متر هم کم‌تر است. در حالی که در برخی نقاط سواحل دریای خزر بارش سالانه به ۱۸۰۰ میلی‌متر هم می‌رسد. از سوی دیگر ایران از نظر دمایی نیز بسیار متنوع است. دلیل این تنوع دمایی، همسایگی خشکی ایران با دو توده‌ی بزرگ آب

در شمال و جنوب، گستردگی در عرض جغرافیایی و تنوع ناهمواری است. میانگین دمای ایران ۱۸ درجه سلسیوس است که نسبت به میانگین جهانی ۳ درجه سلسیوس بزرگ تر است. در نتیجه ایران گذشته از فقر بارش از گرمای بالایی نیز برخوردار است (مسعودیان، ۱۳۹۰). از کل مساحت ایران بطور میانگین تنها ۲ درصد آن پوشیده از برف است و فراوانی روزهای برفپوشان در ایران کمتر از ۲۰ روز در سال است (کیخسروی کیانی، ۱۳۹۵). بنابراین تنوع، ویژگی ذاتی آب و هوای ایران است و هیچ کدام از عناصر آب و هوایی تصویر همگنی نمی دهد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

## ۲ داده و روش ها

### ۱.۲ سپیدایی سطح زمین

سنجنده مودیس در تاریخ ۱۸ دسامبر ۱۹۹۹ با موفقیت توسط سازمان ناسا به فضا پرتاب شد. این سنجنده بر روی دو ماهواره Terra و Aqua نصب شده است. این دو ماهواره هر روز دو بار از تمام سطح زمین تصویر برداری می کنند و داده های در ۳۶ باند طیفی (طول موج های ۰/۴-۱۴/۴ میکرومتر) با قدرت تفکیک ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری برداشت می کنند (وبگاه ناسا، ۲۰۱۹). در این پژوهش داده های روزانه فرآورده MCD43A4 با تفکیک مکانی ۵۰۰ متر در بازه زمانی ۲۰۰۱/۱/۱ تا ۲۰۲۱/۱۲/۳۰ میلادی به مدت ۷۶۷۰ روز از وبگاه ناسا استخراج شد. این محصول از تابع توزیع بازتابندگی دو راستایی<sup>۱</sup> استفاده می کند. تابع توزیع بازتابندگی دو راستایی تعیین می کند که وقتی انرژی تابشی از راستایی معین به سطحی برخورد می کند، چه میزان از آن در راستای معین دیگر، بازتاب می شود. بنابراین تابع توزیع بازتابندگی دو راستایی تابعی از زوایای نوردهی و دید است. وقتی انرژی تابشی خورشید بر سطحی فرود می آید، بسته به ویژگی های فیزیکی سطح، طول

1- Bidirectional Reflectance Distribution Function (BRDF)

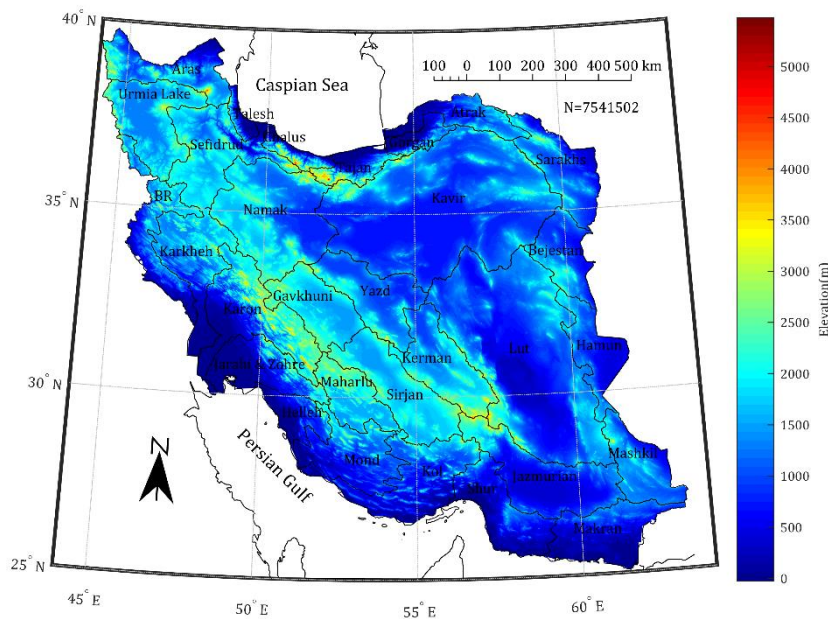
موج‌های مختلف به مقادیر مختلف جذب، بازتاب و یا گذر داده می‌شوند. این بدان معنی است که این تابع، تابعی از طول موج می‌باشد و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{BRDF} = f_r(\theta_i, \phi_i; \theta_r, \phi_r; \Lambda) = \frac{dL_r(\theta_i, \phi_i; \theta_r, \phi_r; E_i)}{dE(\theta_i, \phi_i)} \quad \text{رابطه (۱)}$$

واحد این تابع بر استرادیان ( $sr^{-1}$ ) بوده و  $\theta_i, \phi_i; \theta_r, \phi_r$  به ترتیب زوایای زینت و آزیموت مربوط به راستاهای نوردهی و دید هستند.  $E(\theta_i, \phi_i)$  تابش فرودی در راستای معین و  $L_r(\theta_i, \phi_i; \theta_r, \phi_r; E_i)$  بازتاب در راستای دید می‌باشد (نیکودموس و همکاران، ۱۹۷۷؛ استرالر و همکاران، ۱۹۹۹).

## ۲.۲ مدل رقومی ارتفاع

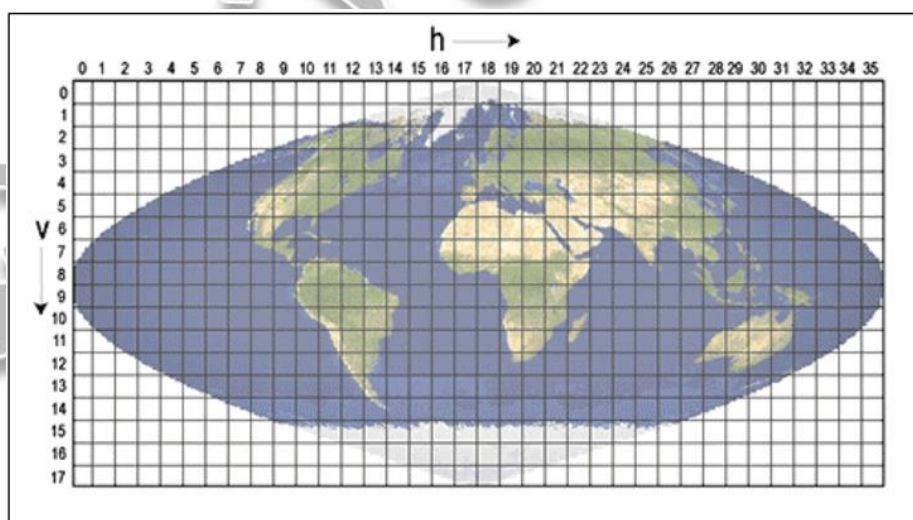
از آنجایی که ارتفاع نقش چشمگیری بر روی سپیدایی دارد، برای درک بهتر از داده‌های مدل رقومی ارتفاع برای منطقه مورد مطالعه بهره گرفته شد. سیستم تصویر و تفکیک مکانی این داده‌ها منطبق بر داده‌های سپیدایی، سینوسی و ۵۰۰ متر انتخاب شده است. در شکل ۲ مدل رقومی ارتفاع بر روی ۳۰ زیرحوضه آبریز ایران نشان داده شده است. بر اساس این داده‌ها کمترین مدل رقومی ارتفاع ۲۹- متر در سواحل دریای خزر و بالاترین آن ۵۴۷۶ متر در ارتفاعات حوضه آبریز Tajan مشاهده می‌شود که به قله دماوند معروف است. میانگین ارتفاع ایران ۱۲۵۰ متر است به همین دلیل از آن بعنوان فلات ایران نام برده می‌شود.



شکل ۲. مدل رقومی ارتفاع ایران

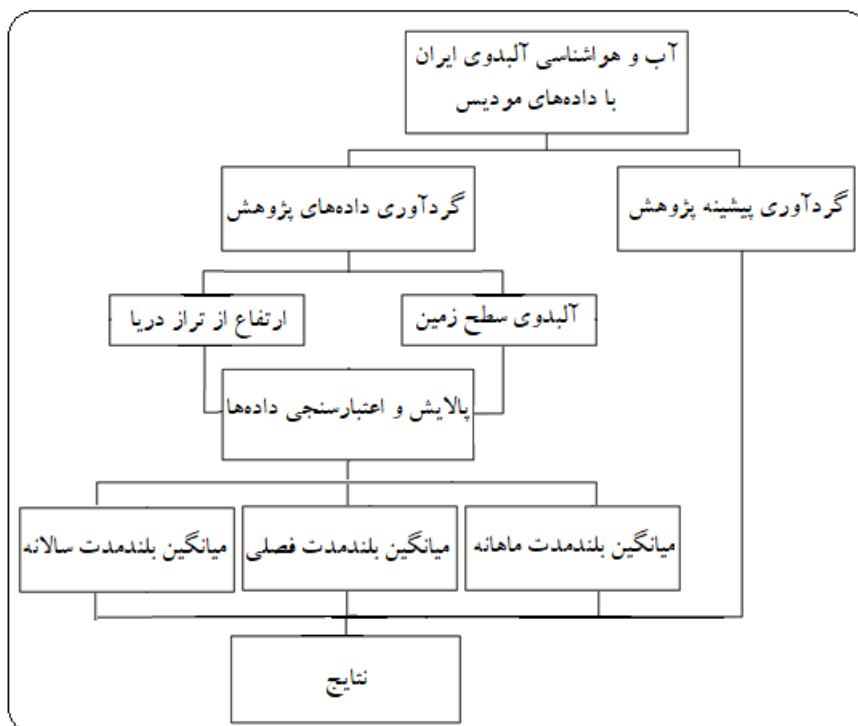
## ۳.۲ روش‌ها

در این پژوهش برای خواندن داده‌های سنجنده مودیس از دستور hdfread در نرم‌افزار متلب بهره گرفته شد. داده‌های عددی این سنجنده به صورت کاشی‌های جداگانه در دسترس می‌باشند. چون هدف از این پژوهش بررسی آب و هواشناسی سپیدایی بر روی کل گستره ایران زمین بود، شش کاشی با نام‌های H21v05، H22v05، H23v05، H21v06، H22v06، H23v06 از میان همه کاشی‌های در دسترس، کل منطقه ایران را پوشش می‌داد. اندازه هر کدام از کاشی‌ها ۱۲۰۰×۱۲۰۰ کیلومتر می‌باشد. بنابراین نخستین گام عبارت بود از کنار هم گذاشتن این شش کاشی که به این کار در اصطلاح موزائیک کردن<sup>۱</sup> کاشی‌ها می‌گویند. بدون کنار هم گذاشتن کاشی‌ها امکان ترسیم نقشه‌ها و پردازش آن‌ها وجود نداشت. حرف H در کاشی نشانگر وجه افقی<sup>۲</sup> و حرف V نیز نشان‌دهنده وجه عمودی<sup>۳</sup> هر کاشی است. شیوه موزائیک کردن کاشی‌ها به-این ترتیب بود که کاشی‌هایی که شماره وجه عمودی آن‌ها ۵ بود در ردیف اول و کاشی‌هایی که شماره وجه عمودی آن‌ها ۶ بود در ردیف زیرین جای می‌گرفت (شکل ۳). در درون کاشی‌های هر یک از فرآورده‌ها، باندهای گوناگونی وجود دارد که هر یک از آن‌ها نماینده بخشی از طیف الکترومغناطیس می‌باشد. از این رو دومین گام تعیین باند مناسب بود. در محصول MCD43A4 سپیدایی<sup>۷</sup> باند مختلف در دسترس می‌باشد. باند اول نماینده سپیدایی سرخ‌فام، باند دوم نماینده سپیدایی سبزفام، باند سوم نماینده سپیدایی آبی‌فام و ..... می‌باشد (اسچف و همکاران، ۲۰۰۲؛ کامپوس-تابرنر و همکاران، ۲۰۱۸). از آنجایی که بیشترین تابش خورشید در دامنه نیم میکرومتری طیف الکترومغناطیس رخ می‌دهد، در این پژوهش از سپیدایی آبی‌فام بهره گرفته شد. در سومین گام Fill values و values scale بر روی داده‌ها اعمال شد. در گام چهارم با تابع inpolygon در نرم‌افزار متلب تنها داده‌هایی که درون کشور ایران بود، انتخاب شدند. در گام پنجم میانگین بلندمدت ماهانه، فصلی و سالانه سپیدایی ایران محاسبه گردید. در ادامه مراحل انجام پژوهش نشان داده شده است (شکل ۴).



شکل ۳. جایگاه سینوسی کاشی‌های مودیس

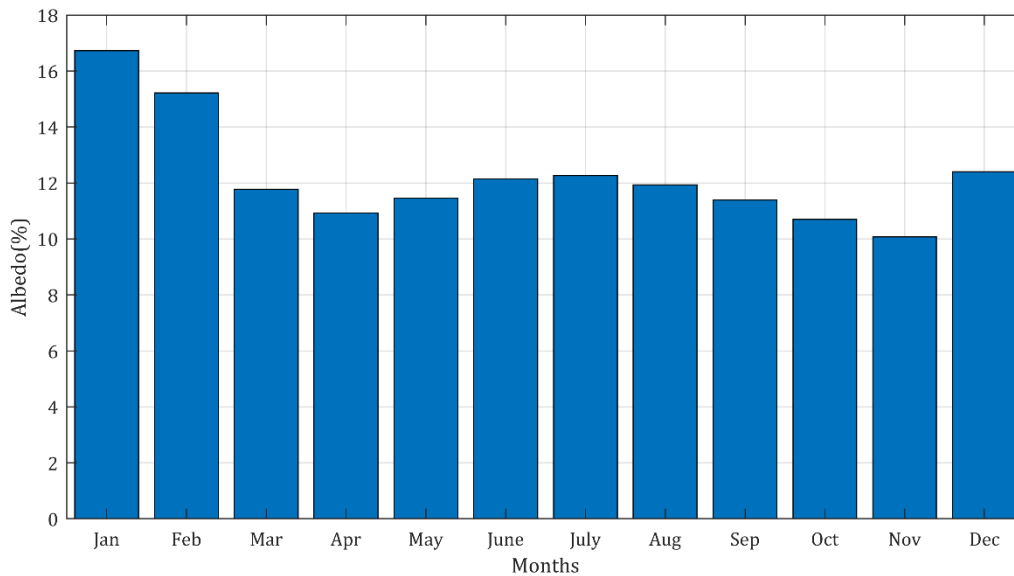
- 1- Mosaic
- 1- Horizontal
- 3- Vertical



شکل ۴. مراحل انجام پژوهش

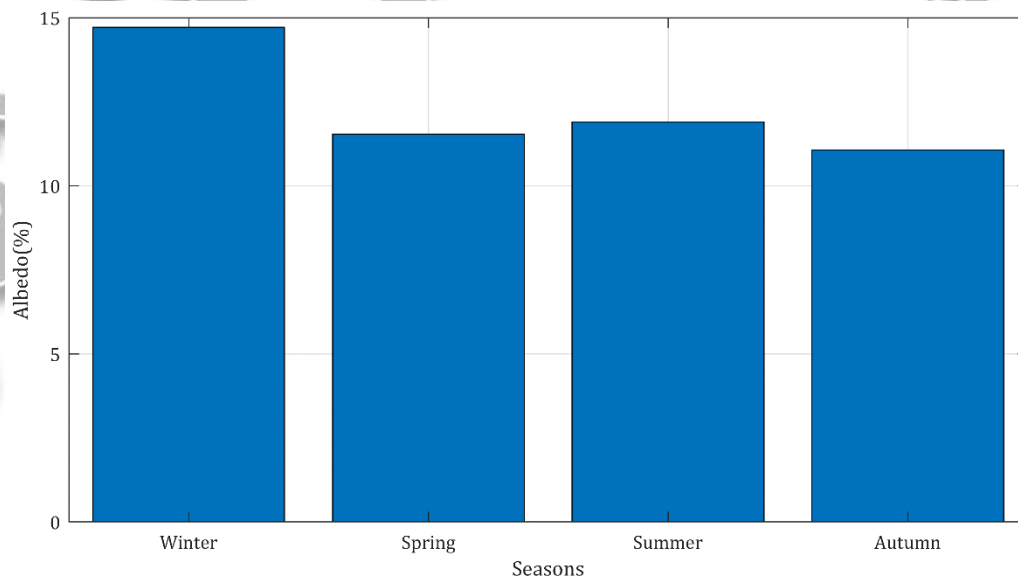
### ۳ نتایج و بحث

شکل (۵) آب و هواشناسی سپیدایی ایران در ماه‌های مختلف سال را نشان می‌دهد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در ماه‌های Jan, Feb و Des که بعنوان ماه‌های برفپوش کشور شناخته می‌شوند، سپیدایی ایران بیشینه است. در ماه‌های گذار میانگین سپیدایی ایران فروکش کرده و در ماه‌های گرم سال دوباره افزایش می‌یابد. این رفتار دو سویه (پایمودال) در برخی فراسنج‌های دیگر نیز دیده می‌شود. برای نمونه اگر بارندگی ایستگاه چابهار را در طول سال بررسی کنیم، این رفتار دوسویه به روشنی آشکار می‌شود. چرا که مقداری بارش در فصل زمستان و مقداری در فصل تابستان رخ می‌دهد. اما در اینجا پوشش برفی در ماه‌های گرم سال ذوب شده و این بیشینه شدن سپیدایی ناشی از پوشش برفی نیست بلکه به سبب خشک‌تر شدن زمین و افزایش دمای رویه زمین می‌باشد. این محاسبات در بدترین شرایط (July) بر روی ۹۸ درصد گستره ایران و در بهترین شرایط (Jan) بر روی ۹۹/۹۷ درصد گستره ایران انجام شده است. به عبارت دیگر در ماه July داده‌های سری زمانی سپیدایی برای حدود ۹۸ درصد گستره ایران کامل بوده و حدود ۲ درصد گستره ایران گپ آماری وجود داشته است. در پژوهش کفایت مطلق و همکاران (۱۴۰۰) مقادیر گپ داده‌های سپیدایی سنجنده مودیس در فصول مختلف و سالانه بررسی شده است.



شکل ۵. آب و هواشناسی سپیدایی ایران در ماه‌های مختلف سال

شکل (۶) آب و هواشناسی سپیدایی ایران در فصول مختلف سال را نشان می‌دهد. نتایج در مقیاس فصلی نیز نشان می‌دهد که در فصول سرد و گرم سال سپیدایی ایران بیشینه و در فصول گذار کمینه است. در فصل زمستان به سبب پوشش برفی سپیدایی ایران به حدود ۱۵ درصد می‌رسد. پس از زمستان میانگین سپیدایی ایران در فصول تابستان، بهار و پاییز به ترتیب ۱۲، ۱۱/۵ و ۱۱ درصد می‌باشد. گذشته از مایع بودن بارش‌ها در فصول گذار، یکی دیگر از دلایل کاهش سپیدایی ایران در فصل بهار افزایش پوشش گیاهی ایران می‌باشد. نتایج پژوهش منتظری و کفایت مطلق (۱۳۹۷) هماهنگ با این بخش از پژوهش است.

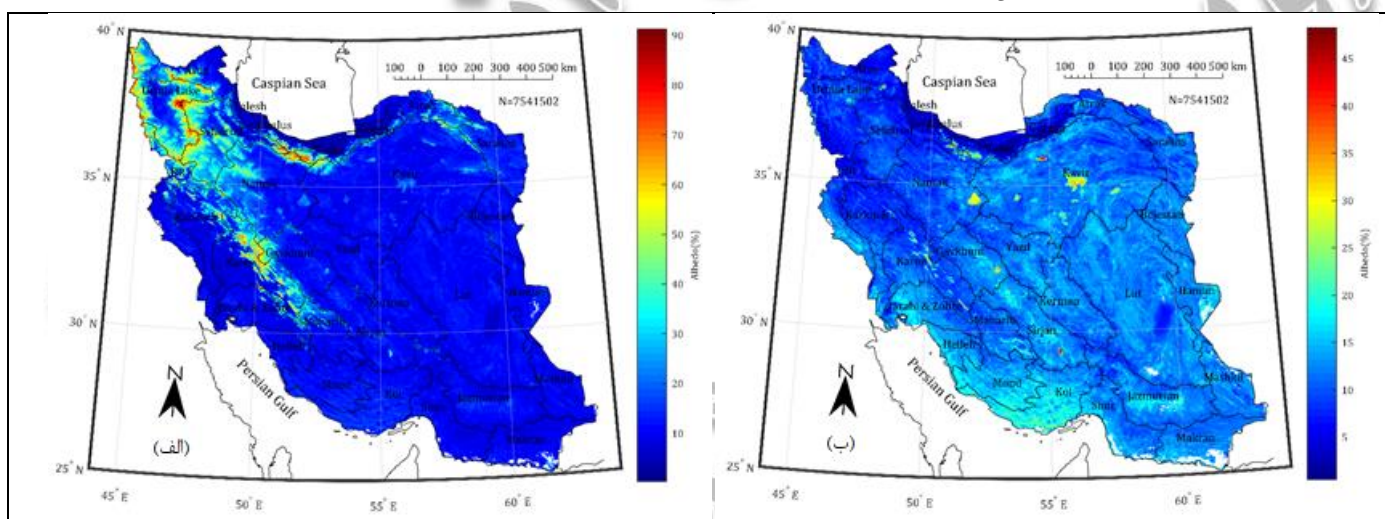


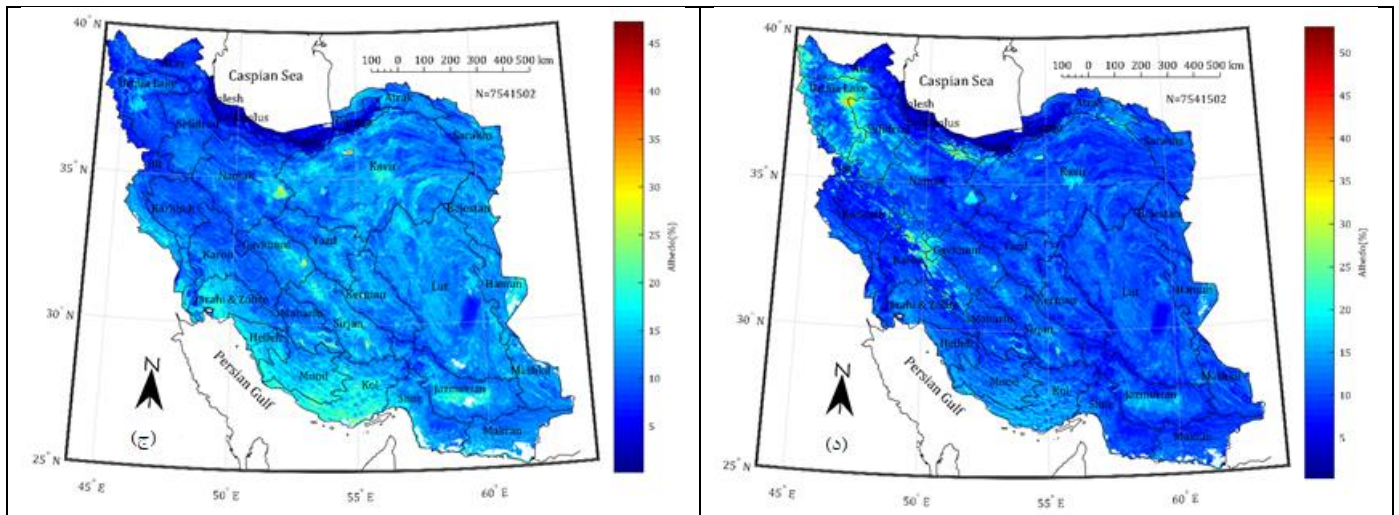
شکل ۶. آب و هواشناسی سپیدایی ایران در فصول مختلف سال

مقدار سپیدایی رویه زمین با جابه‌جایی فصول به صورت چشمگیر تغییر می‌کند. پراکنش این تغییرات در مکان‌های مختلف نیز متفاوت است. شکل (۷) پراکنش میانگین بلندمدت سپیدایی ایران در فصول مختلف سال را نشان می‌دهد. یافته‌ها نشان



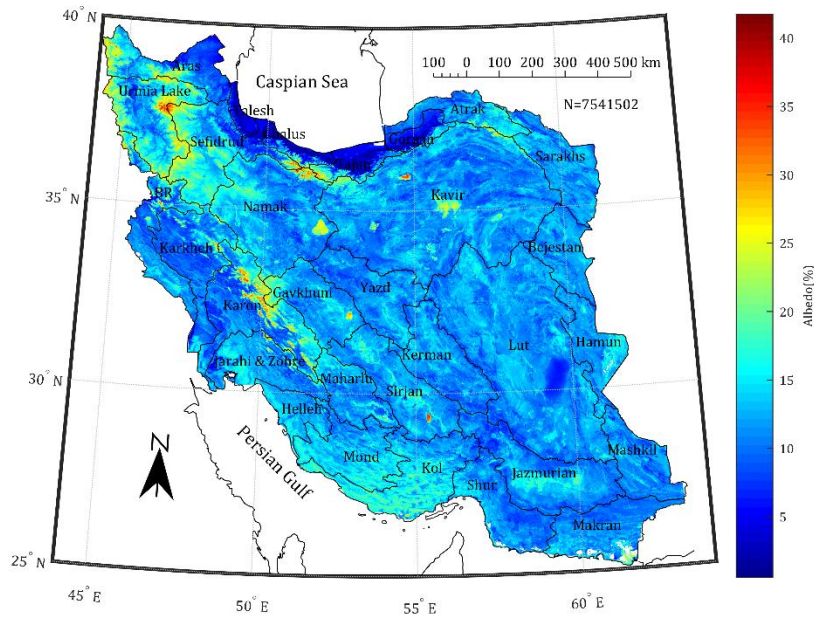
می‌دهد که در فصل زمستان که فصل برف‌پوشان ایران بوده (کیخسروی کیانی و مسعودیان، ۱۳۹۵)، سپیدایی در ارتفاعات شمال‌شرق، شمال‌غرب، البرز و زاگرس به بیش از ۵۰ درصد می‌رسد. اما در نواحی پست به سبب کاهش دمای رویه و کاهش رطوبت خاک سپیدایی مقدار ناچیز کمتر از ۲۰ درصد را نشان می‌دهد (شکل ۷ الف). در فصل بهار به سبب گرم شدن هوا و ریزش‌های جوی مایع، پوشش برفی ایران ذوب شده و تنها لکه‌هایی در ارتفاعات البرز، زاگرس، سهند و سبلان دیده می‌شود. سپیدایی این نواحی به روشنی آن را نشان می‌دهد. اما در کویر نمک و دریاچه نمک نیز به سبب سپیدی رنگ سپیدایی بالایی دیده می‌شود. بطور کلی در فصل بهار دو عامل کاهش پوشش برف و افزایش پوشش گیاهی باعث کاهش سپیدایی ایران شده است (شکل ۷ ب). در فصل تابستان با افزایش دمای هوا و دمای رویه زمین بیشتر تالاب‌ها خشک می‌شوند. با خشک شدن کف تالاب‌های جازموریان، هامون، شادگان، مهارلو و دریاچه‌های نمک و ارومیه کفه‌های نمکی پدیدار می‌شوند. این نمکزارها و شورابه‌گیرها به سبب سپیدی رنگ سپیدایی بالایی را نشان می‌دهند. از سوی دیگر در سواحل دریای خزر به سبب بارندگی‌های تابستانه و رطوبت بالای خاک، سپیدایی پایینی مشاهده می‌شود. لکه‌های سفیدرنگ در جنوب هامون، جازموریان و سواحل دریای عمان مقادیر گپ آماری داده‌های سپیدایی را نشان می‌دهد (شکل ۷ ج). در این مناطق به دلیل گرد و غبار و رطوبت بالای جو سنجنده نتوانسته سپیدایی را اندازه‌گیری کند و به عبارت دیگر سنجنده برای اندازه‌گیری سپیدایی با شکست مواجه شده است (کفایت‌مطلق و همکاران، ۱۴۰۰). در فصل پاییز ریزش‌های جوی در ارتفاعات البرز، زاگرس و سهند و سبلان بصورت جامد بوده؛ در نتیجه این ارتفاعات سپیدایی بالایی را نشان می‌دهند. از سوی دیگر در دریاچه نمک، کویر نمک و جازموریان همچنان نیز سپیدایی بالایی دیده می‌شود. اما با آبرگیری دریاچه ارومیه از سپیدایی آن کاسته شده است. در تالاب‌های دیگر نیز مقدار سپیدایی به نسبت فصل تابستان کمتر شده است (شکل ۷ د).





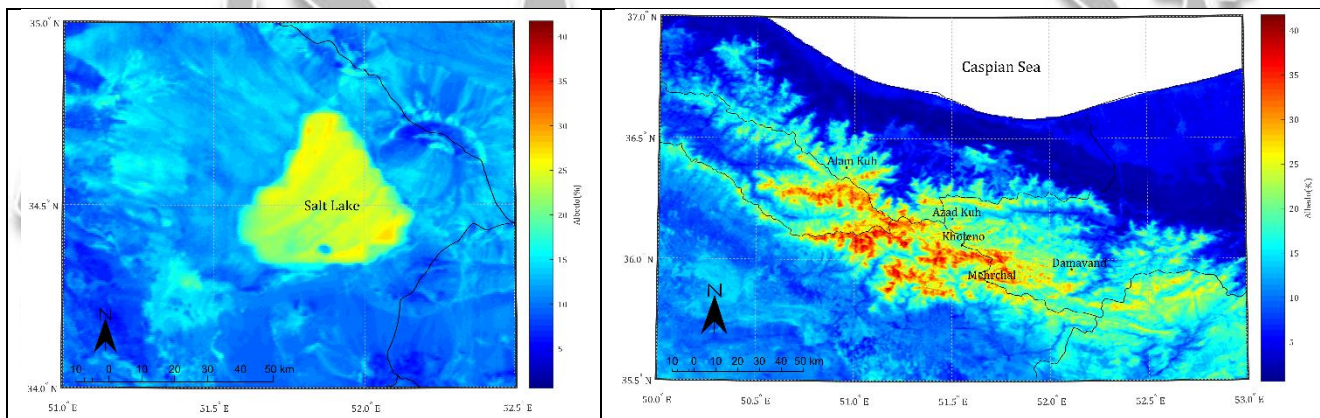
شکل ۷. میانگین بلندمدت سپیدایی ایران در فصول مختلف سال

شکل (۸) میانگین بلندمدت سپیدایی ایران را نشان می‌دهد. به‌طور کلی بررسی آب و هواشناسی سپیدایی ایران طی دو دهه اخیر گویای آن است که بالاترین سپیدایی در ارتفاعات برفخیز البرز، زاگرس و شمال غرب کشور دیده می‌شود. گذشته از این در دریاچه‌های نمک و شورابه‌گیرها نیز سپیدایی بالایی مشاهده می‌شود. در سواحل خزر به سبب کاهش دمای رویه و افزایش رطوبت خاک سپیدایی پایینی دیده می‌شود. همچنین یافته‌ها نشان داد که میانگین بلندمدت سپیدایی ایران حدود ۱۲/۵ درصد است که بر اساس داده‌های سنجنده مودیس نیمی از میانگین سیاره‌ای (۲۴ درصد) می‌باشد (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۰). سلطانی اکمل (۱۳۹۷) با استفاده از داده‌های AVHRR مقدار سپیدایی ایران را ۳۰ درصد، کفایت مطلق و همکاران (۱۳۹۹) با استفاده از داده‌های مودیس ۲۱ درصد و کربلایی و همکاران (۱۴۰۰) با استفاده از این داده‌ها ۱۶ درصد برآورد کرده‌اند. از این رو این مطالعه نزدیک به پژوهش کربلایی و همکاران (۱۴۰۰) می‌باشد. این به معنای نادرست بودن دیگر پژوهش‌ها نیست چرا که متفاوت بودن نوع سنجنده، تفکیک مکانی و زمانی و بویژه نوع باند که بخش خاصی از طیف الکترومغناطیس را تعیین می‌کند؛ باعث تفاوت در برآورد سپیدایی شده است.



شکل ۸. میانگین بلندمدت سپیدایی ایران

نتایج آب و هواشناسی سپیدایی سطح زمین در گستره ایران نشان داد که گذشته از پوشش برفی، پوشش نمکی دریاچه‌های نمک نیز سپیدایی بالایی را نشان می‌دهند. از این رو نمونه پراکنش سپیدایی در سطوح برفی رشته کوه‌های البرز (شکل ۹ سمت راست) و پراکنش سپیدایی در سطوح نمکی دریاچه نمک قم (شکل ۹ سمت چپ) نشان داده شده است. بررسی‌های بیشتر نشان داد که مقدار سپیدایی در پوشش‌های نمکی با مقدار سپیدایی کوهپایه‌های برفی البرز برابری می‌کند. این نواحی دارای سپیدایی ۲۵ تا ۳۰ درصد هستند.



شکل ۹. پراکنش سپیدایی در پوشش برفی البرز (سمت راست) و پوشش دریاچه‌های نمک (سمت چپ)

#### ۴ نتیجه‌گیری

در این نوشتار برای بررسی آب و هواشناسی سپیدایی ایران از داده‌های روزانه باند سوم فرآورده MCD43A4 سنجنده مودیس در دوره ۲۰۰۱/۱/۱ تا ۲۰۲۱/۱۲/۳۰ با تفکیک مکانی ۵۰۰ متر بهره گرفته شد. پس از انجام پیش‌پردازش داده‌ها،

میانگین بلندمدت ماهانه، فصلی و سالانه سپیدایی ایران محاسبه گردید. آب و هواشناسی ماهانه سپیدایی نشان داد که در ماه‌های Jan, Feb, Mar که ماه‌های برپوش ایران شناخته می‌شوند، سپیدایی ایران بیشینه شده و در ماه‌های گذار فروکش کرده و سپس در ماه‌های گرم سال (June, July, Aug) به سبب خشکی زمین و افزایش دمای رویه زمین دوباره افزایش می‌یابد. این رفتار دو سویه در مقیاس فصلی نیز آشکار است. آب و هواشناسی سپیدایی ایران در فصول زمستان، تابستان، بهار و پاییز به ترتیب ۱۵، ۱۲، ۱۱/۵ و ۱۱ درصد می‌باشد. پراکنش بیشینه سپیدایی در فصول زمستان و پاییز منطبق بر ارتفاعات برفخیز البرز، زاگرس و شمال غرب کشور می‌باشد. اما در فصول بهار و بویژه تابستان با افزایش دمای هوا و دمای رویه زمین بیشتر تالاب‌ها خشک می‌شوند. با خشک شدن کف تالاب‌های جازموریان، هامون، شادگان، مهارلو و دریاچه-های نمک و ارومیه کفه‌های نمکی پدیدار می‌شوند. این نمکزارها و شورابه‌گیرها نیز به سبب سپیدی رنگ سپیدایی بالایی را نشان می‌دهند. در سواحل خزر به سبب کاهش دمای رویه و افزایش رطوبت خاک سپیدایی پایینی دیده می‌شود. این بخش از پژوهش هماهنگ با یافته‌های سایر پژوهش‌های انجام شده بر روی سپیدایی ایران زمین است (سلطانی اکمل، ۱۳۹۷؛ کفایت مطلق، ۱۳۹۹؛ کربلایی ۲۰۲۱). همچنین یافته‌ها نشان داد که میانگین بلندمدت سپیدایی ایران ۱۲/۵ درصد است که حدود نیمی از میانگین سپیدایی سیاره‌ای (۲۴ درصد) است (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۰). این بخش از پژوهش نیز در راستای نتایج و یافته‌های پژوهش کربلایی و همکاران (۱۴۰۰) می‌باشد.

## تشکر و قدردانی

این اثر تحت حمایت مادی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) برگرفته شده از طرح شماره «۴۰۰۵۰۹۶» انجام شده است.

## منابع

اسدی، مهدی؛ ولیزاده کامران، خلیل؛ باعقیده، محمد؛ ادب، حامد (۱۳۹۹). مقایسه و تخمین سپیدایی سطوح مختلف کاربری اراضی با استفاده از روش سیال و متریک، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۰(۵۹)، ۱۷۱-۱۵۷.

اکبرزاده، مه‌ری؛ مباشری، محمد رضا؛ فاطمی، سید باقر (۱۳۹۲). ارزیابی محصولات آلبیدوی ۱۶ روزه MODIS با استفاده از آلبیدوی ASTER در مناطق نیمه خشک با پوشش همگن. پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۱۳(۴)، ۸۵-۹۶.

تازیک، اسماعیل؛ رضایی، عبدالعلی، آبکار، علی؛ علوی‌پناه، سید کاظم؛ جهانتاب، زهرا؛ رحمتی، علی رضا (۱۳۹۴). برآورد تابش کل لحظه‌ای طول موج کوتاه خورشید با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مودیس (مطالعه موردی: مناطق مرکزی ایران). سنجنش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۶(۱)، ۱۷-۳۰.

حجازی‌زاده، زهرا؛ بزمی، نسرین؛ رحیمی، علی رضا؛ طولابی‌نژاد، میثم؛ بساک، عاطفه (۱۳۹۶). مدل‌سازی فضایی-زمانی سپیدایی در گستره‌ی ایران زمین، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۷(۴۷)، ۱-۱۷.

خیرخواه زرکش، میرمسعود؛ محبوبیان، عادل؛ حصادی، همایون (۱۳۹۳). مقایسه مقایر برآوردی آلبیدوی سطحی به دست آمده از تصاویر لندست و مودیس، سنجنش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۵(۳)، ۴۸-۳۹.

سلطانی‌اکمل، فاطمه (۱۳۹۷). آب و هواشناسی سپیدایی ایران به کمک داده‌های CDR. پایان‌نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی سید ابوالفضل مسعودیان و مجید منتظری. اصفهان: دانشگاه اصفهان، گروه آب و هواشناسی.

فیروزی، فاطمه؛ طاوسی، تقی؛ محمودی، پیمان؛ امیرجهانشاهی، سید مهدی (۱۳۹۷). بررسی تغییرات زمانی-فضایی آلبیدوی سطح بر روی دشت سیستان در شرق ایران با استفاده از تولیدات سنجنش از دور سنجنده MODIS ماهواره Terra. سنجنش از دور و GIS ایران، ۱۰(۴)، ۶۹-۸۵.

کربلایی درئی، علیرضا؛ حجازی زاده، زهرا؛ مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۴۰۰). واکاوی زمانی-مکانی سپیدایی روشن (White Sky Albedo) بالاتر از میانگین در ایران. پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۱۵۳(۱)، ۱۴۱-۱۵۵.

کربلایی، علی رضا (۱۳۹۹). رفتارسنجی زمانی- مکانی سپیدایی ایران. رساله دکتری به راهنمایی زهرا حجازی زاده و سید ابوالفضل مسعودیان. تهران: دانشگاه خوارزمی. گروه آب و هواشناسی.

کفایت مطلق، امید رضا (۱۴۰۰). واکاوی زمانی- مکانی سپیدایی ایران با بهره‌گیری از داده‌های دورسنجی. رساله دکتری به راهنمایی محمود خسروی و سید ابوالفضل مسعودیان. زاهدان: دانشگاه سیستان و بلوچستان. گروه آب و هواشناسی.

کفایت مطلق، امید رضا؛ خسروی، محمود؛ مسعودیان، سید ابوالفضل؛ کیخسروی کیانی، محمد صادق؛ حمیدیان پور، محسن (۱۳۹۹). واکاوی میانگین بلندمدت سپیدایی سرخ‌فام ایران زمین، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۱۵۲(۱)، ۸۵-۹۴.

کفایت مطلق، امید رضا؛ خسروی، محمود؛ مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۴۰۰). واکاوی موانع برداشت/ دیدبانی سپیدایی آبی فام در ایران زمین، نشریه سنجش از دور و GIS ایران، ۱۳(۲)، ۲۳-۳۸.

کیخسروی کیانی، محمد صادق (۱۳۹۵). آب و هواشناسی پوشش برف در ایران با بهره‌گیری از داده‌های دورسنجی. رساله دکتری به راهنمایی سید ابوالفضل مسعودیان و مجید منتظری. اصفهان: دانشگاه اصفهان. گروه آب و هواشناسی.

کیخسروی کیانی، محمد صادق؛ مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۹۵). فصل‌بندی روزهای برفپوشان ایران زمین به کمک داده‌های دورسنجی، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۲۷(۳)، ۳۳-۴۸.

مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۹۰). آب و هوای ایران، انتشارات شریعه توس، مشهد، صص ۲۸۸-۱.

منتظری، مجید؛ کفایت مطلق، امید رضا (۱۳۹۷). واکاوی میانگین بلندمدت پوشش گیاهی ایران به کمک نمایه NDVI، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۲۹(۳)، ۱-۱۴.

Campos-Taberner, M., Moreno-Martínez, Á., García-Haro, F. J., Camps-Valls, G., Robinson, N. P., Kattge, J., & Running, S. W. (2018). Global estimation of biophysical variables from Google Earth Engine platform. *Remote Sensing*, 10(8), 1167.

Carrer, D., Pinault, F., Lellouch, G., Trigo, I. F., Benhadj, I., Camacho, F., ... & Sánchez-Zapero, J. (2021). Surface albedo retrieval from 40-years of Earth observations through the EUMETSAT/LSA SAF and EU/C3S programmes: The versatile algorithm of PYALUS. *Remote Sensing*, 13(3), 372.

Govaerts, Y., & Lattanzio, A. (2008). Estimation of surface albedo increase during the eighties Sahel drought from Meteosat observations. *Global and planetary change*, 64(3-4), 139-145.

Govaerts, Y., & Lattanzio, A. (2008). Estimation of surface albedo increase during the eighties Sahel drought from Meteosat observations. *Global and planetary change*, 64(3-4), 139-145.

Guo, T., He, T., Liang, S., Roujean, J. L., Zhou, Y., & Huang, X. (2022). Multi-decadal analysis of high-resolution albedo changes induced by urbanization over contrasted Chinese cities based on Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, 269, 112832.

He, T., Liang, S., & Song, D. X. (2014). Analysis of global land surface albedo climatology and spatial-temporal variation during 1981–2010 from multiple satellite products. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119(17), 10-281.

He, T., Liang, S., Wang, D., Shi, Q., & Tao, X. (2014). Estimation of high-resolution land surface shortwave albedo from AVIRIS data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 7(12), 4919-4928.

He, T., Liang, S., Yu, Y., Wang, D., Gao, F., & Liu, Q. (2013). Greenland surface albedo changes in July 1981–2012 from satellite observations. *Environmental Research Letters*, 8(4), 044043.

<https://search.earthdata.nasa.gov/search/>.

Hu, Y., Hou, M., Zhao, C., Zhen, X., Yao, L., & Xu, Y. (2019). Human-induced changes of surface albedo in Northern China from 1992-2012. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 79, 184-191.

Jackson, R. D., Moran, M. S., Gay, L. W., & Raymond, L. H. (1987). Evaluating evaporation from field crops using airborne radiometry and ground-based meteorological data. *Irrigation Science*, 8(2), 81-90.

- Karbalae, A. R., Hedjazizadeh, Z., & Masoodian, S. A. (2021). Spatiotemporal variations of albedo using MODIS and PCA analysis in Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 145(1-2), 245-260.
- Karbalae, A. R., Hedjazizadeh, Z., Masoodian, S. A., & Keikhosravi-Kiany, M. S. (2022). Investigating the land surface albedo trend in Iran using remote sensing data. *Theoretical and Applied Climatology*, 150(1-2), 389-403.
- Kukla, G., & Robinson, D. (1980). Annual cycle of surface albedo. *Monthly Weather Review*, 108(1), 56-68.
- Lin, X., Wen, J., Liu, Q., You, D., Wu, S., Hao, D., ... & Zhang, Z. (2020). Spatiotemporal variability of land surface albedo over the Tibet Plateau from 2001 to 2019. *Remote Sensing*, 12(7), 1188.
- Loarie, S. R., Lobell, D. B., Asner, G. P., Mu, Q., & Field, C. B. (2011). Direct impacts on local climate of sugar-cane expansion in Brazil. *Nature Climate Change*, 1(2), 105-109.
- Lyons, E. A., Jin, Y., & Randerson, J. T. (2008). Changes in surface albedo after fire in boreal forest ecosystems of interior Alaska assessed using MODIS satellite observations. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 113(G2).
- Maignan, F., Bréon, F. M., & Lacaze, R. (2004). Bidirectional reflectance of Earth targets: Evaluation of analytical models using a large set of spaceborne measurements with emphasis on the Hot Spot. *Remote Sensing of Environment*, 90(2), 210-220.
- Mengyao, L., Qiang, L., & Ying, Q. (2023). A comparative study of long-time series of global-scale albedo products. *International Journal of Digital Earth*, 16(1), 308-322.
- Muller, J. P. (2006). MERIS GLOBAL LAND SURFACE ALBEDO MAPS: Algorithm Theoretical Basis Document ATBD 1.4 BRDF/ALBEDO RETRIEVAL.
- 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).
- Offerle, B., Jonsson, P., Eliasson, I., & Grimmond, C. S. B. (2005). Urban modification of the surface energy balance in the West African Sahel: Ouagadougou, Burkina Faso. *Journal of Climate*, 18(19), 3983-3995.
- Pang, G., Chen, D., Wang, X., & Lai, H. W. (2022). Spatiotemporal variations of land surface albedo and associated influencing factors on the Tibetan Plateau. *Science of the Total Environment*, 804, 150100.
- Pinty, B., Lattanzio, A., Martonchik, J. V., Verstraete, M. M., Gobron, N., Taberner, M., ... & Govaerts, Y. (2005). Coupling diffuse sky radiation and surface albedo. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 62(7), 2580-2591.
- Rutan, D., Rose, F., Roman, M., Manalo-Smith, N., Schaaf, C., & Charlock, T. (2009). Development and assessment of broadband surface albedo from Clouds and the Earth's Radiant Energy System Clouds and Radiation Swath data product. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 114(D8).
- Schaaf, C. B., Gao, F., Strahler, A. H., Lucht, W., Li, X., Tsang, T., ... & Lewis, P. (2002). First operational BRDF, albedo nadir reflectance products from MODIS. *Remote sensing of Environment*, 83(1-2), 135-148.
- Solomon, S. (2007, December). IPCC (2007): Climate change the physical science basis. In *Agu fall meeting abstracts (Vol. 2007, pp. U43D-01)*.
- 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), 42-47.
- Wang, K., Liang, S., Schaaf, C. L., & Strahler, A. H. (2010). Evaluation of Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer land surface visible and shortwave albedo products at FLUXNET sites. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 115(D17).

Zhang, X., Liang, S., Wang, K., Li, L., & Gui, S. (2010). Analysis of global land surface shortwave broadband albedo from multiple data sources. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 3(3), 296-305.

Zhu, X., Liang, S., Pan, Y., & Zhang, X. (2011). Agricultural irrigation impacts on land surface characteristics detected from satellite data products in Jilin Province, China. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 4(3), 721-729.

### **Climatology of Iran's Albedo using MODIS Data**

Omid Reza Kefayat Motlagh<sup>1</sup>, Mohammad Darand<sup>\*2</sup>

<sup>1</sup> Postdoc of Climatology, Faculty of Natural resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

<sup>2</sup> Prof. of Climatology, Faculty of Natural resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

#### **Extended abstract**

Albedo is one of the key parameter in climatic studies. Albedo climatology investigation can be a tool to recognize environmental changes. The MODIS continuously produces the land surface albedo on a global scale and with the appropriate spatial resolution and makes it available to researchers. In this research, in order to analyze the climatology albedo of Iran, firstly, the data produced by the MODIS sensor MCD43A4 product in the range of Iran in the period from 1/1/2001 to 12/30/2021 with a spatial resolution of 500 meters and a daily temporal resolution was taken from the NASA website. After the necessary pre-processing, the long-term average monthly, seasonal and annual albedo of Iran was calculated. The findings on a monthly scale showed that in the months of Jan, Feb, and Mar which are known as Iran's snow-covered months, Iran's albedo was maximum and decreased in the transition months, and then in the warm months of the year (June, July, and Aug) increases again due to the dryness of the land and the increase in the land surface temperature. This two-way behavior is also evident in the seasonal scale. These calculations were made in the worst conditions (July) on 98% of the area of Iran and in the best conditions (Jan) on 99.97% of the area of Iran. In other words, in the July, the albedo time series data was complete for about 98% of Iran's area, and there was a statistical gap in about 2% of Iran's area. In the research of Kefayat Motlagh et al. (2021), the albedo data gap values of the MODIS sensor have been investigated in different seasons and annually. The maximum distribution of albedo in winter and autumn seasons corresponds to the snow-covered heights of Alborz, Zagros and the northwest of the country. But in the spring and especially in the summer, with the increase in air temperature and surface temperature, most of the wetlands dry up. With the drying of the bottom of Jazmurian, Hamon, Shadgan, Maharlo and salt lakes and Urmia, salt flats appear. These salt marshes also show a high albedo due to their white color. On the coastal of the Caspian Sea, low albedo is seen due to the decrease in land surface temperature and increase in soil moisture. This part of the research is in harmony with the findings of other studies conducted on the land surface albedo of Iran (Soltani Akmal, 2017; Kefayat Motlagh, 2020; Karbalaee et al., 2021). Also, the findings showed that the long-term average albedo of Iran is 12.5%, which is about half of the average planetary albedo (24%) (Zhang et al., 2010). This part of the research is also in line with the research of Karbalaee et al. (2021).

**Keywords:** Albedo, Iran, Snow, land surface temperature, MODIS.

#### **References**

---

\* Corresponding author E-mail: m.darand@uok.ac.ir

- Akbarzadeh, M., Mobasheri, M. R., & Fatemi, S. B. (2013). Evaluation of MODIS 16-Days-Albedo Products Using ASTER Albedo Products for Homogeneous Semi-Arid Surfaces. *Journal of Climate Research*, 1392(13), 85-96. (inPersian)
- Asadi, M., Baaghdeh, M., & Adab, H. (2021). Comparison and Estimation of Surface Albedo of Various Levels of Land use by SEBAL and METRIC Methods. *Journal of Applied researches in Geographical Sciences*, 20(59), 157-171. (inPersian)
- Campos-Taberner, M., Moreno-Martínez, Á., García-Haro, F. J., Camps-Valls, G., Robinson, N. P., Kattge, J., & Running, S. W. (2018). Global estimation of biophysical variables from Google Earth Engine platform. *Remote Sensing*, 10(8), 1167.
- Carrer, D., Pinault, F., Lellouch, G., Trigo, I. F., Benhadj, I., Camacho, F., & Sánchez-Zapero, J. (2021). Surface albedo retrieval from 40-years of Earth observations through the EUMETSAT/LSA SAF and EU/C3S programmes: The versatile algorithm of PYALUS. *Remote Sensing*, 13(3), 372.
- Firozi, F., Tavosi, T., Mahmoudi, P., & Amir Jahanshahi, S. M. (2018). Analyzing Temporal and Spatial Variations of Surface Albedo over Sistan Plain in Eastern Iran using Satellite Remote Sensing Product of MODIS Sensor of Terra Satellite. *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*, 10(4), 69-84. (inPersian)
- Govaerts, Y., & Lattanzio, A. (2008). Estimation of surface albedo increase during the eighties Sahel drought from Meteosat observations. *Global and planetary change*, 64(3-4), 139-145.
- Govaerts, Y., & Lattanzio, A. (2008). Estimation of surface albedo increase during the eighties Sahel drought from Meteosat observations. *Global and planetary change*, 64(3-4), 139-145.
- Guo, T., He, T., Liang, S., Roujean, J. L., Zhou, Y., & Huang, X. (2022). Multi-decadal analysis of high-resolution albedo changes induced by urbanization over contrasted Chinese cities based on Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, 269, 112832.
- He, T., Liang, S., & Song, D. X. (2014). Analysis of global land surface albedo climatology and spatial-temporal variation during 1981–2010 from multiple satellite products. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119(17), 10-281.
- He, T., Liang, S., Wang, D., Shi, Q., & Tao, X. (2014). Estimation of high-resolution land surface shortwave albedo from AVIRIS data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 7(12), 4919-4928.
- He, T., Liang, S., Yu, Y., Wang, D., Gao, F., & Liu, Q. (2013). Greenland surface albedo changes in July 1981–2012 from satellite observations. *Environmental Research Letters*, 8(4), 044043.
- Hejazizadeh, Z., Rahimi, A., Toulabi Nejad, M., & Bosak, A. (2017). Modeling of spatio-temporal of albedo over Iran. *Journal of Applied researches in Geographical Sciences*, 17(47), 1-17. (inPersian)
- <https://search.earthdata.nasa.gov/search/>
- Hu, Y., Hou, M., Zhao, C., Zhen, X., Yao, L., & Xu, Y. (2019). Human-induced changes of surface albedo in Northern China from 1992-2012. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 79, 184-191.
- Jackson, R. D., Moran, M. S., Gay, L. W., & Raymond, L. H. (1987). Evaluating evaporation from field crops using airborne radiometry and ground-based meteorological data. *Irrigation Science*, 8(2), 81-90.
- Karbalae, A. R., Hedjazizadeh, Z., & Masoodian, S. A. (2021). Spatiotemporal variations of white sky albedo upper of average in Iran. *Physical Geography Research Quarterly*, 53(1), 141-155. (inPersian)
- Karbalae, A. R., Hedjazizadeh, Z., & Masoodian, S. A. (2021). Spatiotemporal variations of albedo using MODIS and PCA analysis in Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 145(1-2), 245-260.
- Karbalae, A. R., Hedjazizadeh, Z., Masoodian, S. A., & Keikhosravi-Kiany, M. S. (2022). Investigating the land surface albedo trend in Iran using remote sensing data. *Theoretical and Applied Climatology*, 150(1-2), 389-403.



- Karbalaei, A. R., (2020). Temporal-spatial albedo behavior measurement of Iran, doctoral thesis. Guided by Zahra Hejazizadeh and Seyed Abolfazl Masoudian. Tehran: University of Kharazmi. Dep. of climatology. (*inPersian*)
- Kefayat Motlagh, O. R., (2021), Temporal Spatial Analysis of Albedo in Iran Using Remote Sensing Data, doctoral thesis. Guided by Mahmood Khosravi and Seyed Abolfazl Masoudian. Zahedan: University of Sistan and Baluchestan. Dep. of climatology. (*inPersian*)
- Kefayat Motlagh, O. R., Khosravi, M., & Masoodian, A. (2021). Analysis of Barriers to Blue Band Albedo Satellite Observations in Iran. *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*, 13(2), 23-38. (*inPersian*)
- Kefayat Motlagh, O. R., Khosravi, M., Masoodian, S. A., Keykhosravi Kiani, M. S., & Hamidianpour, M. (2020). Analysis of long-term mean of red band albedo in Iran. *Physical Geography Research Quarterly*, 52(1), 85-94. (*inPersian*)
- Keikhosrvaï Kiany, M. S., (2016), Climatology of Snow Cover in Iran Using Remote Sensing Data, doctoral thesis. Guided by Seyed Abolfazl Masoudian and Majid Montazeri. Isfahan: University of Isfahan. Dep. of climatology. (*inPersian*)
- Kheirkhah Zarkesh, M. M., Mahboubian, A., & Hesadi, H. (2014). Comparison of surface albedo estimated from Landsat and MODIS image. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 5(2), 39-48. (*inPersian*)
- Kukla, G., & Robinson, D. (1980). Annual cycle of surface albedo. *Monthly Weather Review*, 108(1), 56-68.
- Lin, X., Wen, J., Liu, Q., You, D., Wu, S., Hao, D., ... & Zhang, Z. (2020). Spatiotemporal variability of land surface albedo over the Tibet Plateau from 2001 to 2019. *Remote Sensing*, 12(7), 1188.
- Loarie, S. R., Lobell, D. B., Asner, G. P., Mu, Q., & Field, C. B. (2011). Direct impacts on local climate of sugar-cane expansion in Brazil. *Nature Climate Change*, 1(2), 105-109.
- Lyons, E. A., Jin, Y., & Randerson, J. T. (2008). Changes in surface albedo after fire in boreal forest ecosystems of interior Alaska assessed using MODIS satellite observations. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 113(G2).
- Maignan, F., Bréon, F. M., & Lacaze, R. (2004). Bidirectional reflectance of Earth targets: Evaluation of analytical models using a large set of spaceborne measurements with emphasis on the Hot Spot. *Remote Sensing of Environment*, 90(2), 210-220.
- Masoodian, S. A. (2011). Climate of Iran. Iran: Sharia Toos Publication <https://scholar.google.com/citations>. (*inPersian*)
- Mengyao, L., Qiang, L., & Ying, Q. (2023). A comparative study of long-time series of global-scale albedo products. *International Journal of Digital Earth*, 16(1), 308-322.
- Montazeri, M., & Kefayat Motlagh, O. R. (2018). Long term mean of vegetation analysis in Iran using NDVI index. *Geography and Environmental Planning*, 29(3), 1-14. (*inPersian*)
- Muller, J. P. (2006). MERIS GLOBAL LAND SURFACE ALBEDO MAPS: Algorithm Theoretical Basis Document ATBD 1.4 BRDF/ALBEDO RETRIEVAL.
- 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).
- Offerle, B., Jonsson, P., Eliasson, I., & Grimmond, C. S. B. (2005). Urban modification of the surface energy balance in the West African Sahel: Ouagadougou, Burkina Faso. *Journal of Climate*, 18(19), 3983-3995.
- Pang, G., Chen, D., Wang, X., & Lai, H. W. (2022). Spatiotemporal variations of land surface albedo and associated influencing factors on the Tibetan Plateau. *Science of the Total Environment*, 804, 150100.
- Pinty, B., Lattanzio, A., Martonchik, J. V., Verstraete, M. M., Gobron, N., Taberner, M., ... & Govaerts, Y. (2005). Coupling diffuse sky radiation and surface albedo. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 62(7), 2580-2591.

Rutan, D., Rose, F., Roman, M., Manalo-Smith, N., Schaaf, C., & Charlock, T. (2009). Development and assessment of broadband surface albedo from Clouds and the Earth's Radiant Energy System Clouds and Radiation Swath data product. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 114(D8).

Schaaf, C. B., Gao, F., Strahler, A. H., Lucht, W., Li, X., Tsang, T., ... & Lewis, P. (2002). First operational BRDF, albedo nadir reflectance products from MODIS. *Remote sensing of Environment*, 83(1-2), 135-148.

Solomon, S. (2007, December). IPCC (2007): Climate change the physical science basis. In *Agu fall meeting abstracts (Vol. 2007, pp. U43D-01)*.

Soltani Akmal, F. (2018). *Climatology of Albedo in Iran using CDR data*, Master thesis. Guided by Seyed Abolfazl Masoudian and Majid Montazeri. Isfahan: University of Isfahan. Dep. of climatology. (inPersian)

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), 42-47.

Tazik, E., Rezaei, A. A., Abkar, A., Alavipanah, S. K., Jahantab, Z., & Rahmati, A. (2015). Estimation of the instantaneous short wavelength solar radiation using satellite images of MODIS (Case study: Central regions of Iran). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 6(1), 17-30. (inPersian)

Wang, K., Liang, S., Schaaf, C. L., & Strahler, A. H. (2010). Evaluation of Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer land surface visible and shortwave albedo products at FLUXNET sites. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 115(D17).

Zhang, X., Liang, S., Wang, K., Li, L., & Gui, S. (2010). Analysis of global land surface shortwave broadband albedo from multiple data sources. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 3(3), 296-305.

Zhu, X., Liang, S., Pan, Y., & Zhang, X. (2011). Agricultural irrigation impacts on land surface characteristics detected from satellite data products in Jilin Province, China. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 4(3), 721-729.