



برآورد آلبیدو سطح زمین در رخساره‌های ژئومورفولوژی دشت یزد-اردکان با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره لندست ۸

سهیلا پویان^۱، محمد زارع^{۲*}، محمدرضا اختصاصی^۳، محمدحسین مختاری^۴

۱. دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

۲. استادیار، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

۳. استاد، گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

* نویسنده مسئول: mzernani@yazd.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۰۲

چکیده

آلبیدو (سپیدایی) سطح زمین یکی از مهم‌ترین متغیرهای ژئوفیزیک کنترل کننده در مطالعات بیلان انرژی سطح است. این کمیت از مؤلفه‌های مورد نیاز برای بررسی‌های محیطی و اقلیمی است. سنجش از دور به‌عنوان ابزاری کارآمد برای پایش گسترده آلبیدو سطوح زمین، در دهه‌های اخیر معرفی شده است و روابط مختلفی برای برآورد آن به‌وسیله داده‌های ماهواره‌ای، ارائه شده است. تاکنون از طریق داده‌های سنجنده‌های مختلف، محاسبه ضریب آلبیدو انجام شده است. در پژوهش حاضر، مقدار آلبیدو سطح رخساره‌های مختلف ژئومورفولوژی، اراضی زراعی و پوشش آسفالت در دشت یزد- اردکان با بهره‌گیری از روش جدید محاسبه مبتنی بر داده‌های رقومی سنجنده عملیاتی تصویرساز سرزمین (OLI) ماهواره لندست ۸ انجام شد. در این راستا، داده‌های مورد نیاز از هر فراداده ۹ تصویر لندست ۸ در فصل تابستان و پاییز سال ۱۳۹۶ استخراج شد. سپس با بهره‌گیری از داده‌های هواشناسی، آلبیدو برآورد شد. نتایج نشان داد که بین مقدار آلبیدو در رخساره‌های متفاوت و دیگر پوشش سطح زمین، اختلاف وجود دارد. میانگین آلبیدو سطح در اراضی رسی ۰/۳۰، سنگفرش ۰/۲۲، تپه ماسه‌ای ۰/۲۴، اراضی بایر ۰/۲۶، پهنه ماسه‌ای ۰/۲۴، اراضی زراعی ۰/۲۳ و در سطوح آسفالت ۰/۲۴ متغیر بوده است. بیشترین مقادیر آلبیدو برآورد شده با داده‌های رقومی OLI، به ترتیب در رخساره‌های اراضی رسی بدون پوشش، اراضی رسی با پوشش، اراضی بایر، تپه ماسه‌ای بدون مالچ، پهنه ماسه‌ای، تپه ماسه‌ای مالچ‌پاشی شده، پوشش سطحی آسفالت، اراضی زراعی و سنگفرش بیابان دیده شده است.

واژگان کلیدی: اراضی رسی؛ سنجش از دور؛ سنگفرش بیابان؛ یزد

■ مقدمه

آلبیدو (سپیدایی) یا ضریب بازتابش، نسبت انرژی بازتابیده به کل انرژی تابیده به سطح یک جسم است که از صفر تا یک تغییر می‌کند. مقدار این متغیر به فرآیندهای طبیعی و فعالیت‌های انسانی (۲۰)، از قبیل جنگل‌زدایی (۳، ۲۶، ۲۷)، بیابان‌زایی (۹)، آتش‌سوزی (۱۷) ارتباط زیادی دارد. تغییرات در آلبیدو سطحی بر آب‌وهوای منطقه‌ای و جهانی تأثیر می‌گذارد (۱۹) حتی تغییر کوچک آلبیدو سطح می‌تواند بر سامانه اقلیمی و الگوهای آب و هوایی منطقه‌ای و جهانی تأثیر به‌گذارد. بنابراین، تغییرات مکانی و زمانی آلبیدو سطح با تغییر اقلیمی جهانی و سامانه‌های آب‌وهوایی منطقه‌ای ارتباط نزدیکی دارد (۱۴). در بیشتر مدل‌های اقلیمی و زمین، مقدار آلبیدو سطح به‌طور رایج به وسیله انواع پوشش‌های زمینی یا رابطه ساده بین آلبیدو سطح و زاویه زینت^۱ خورشید، و یا دیگر متغیرهای جانبی مانند داده‌های اقلیمی (۲۴، ۲۵، ۲۸) برآورد می‌شود. بنابراین، تغییرات آلبیدو سطح جهانی نه تنها با داده‌های مدل شبیه‌سازی شده توصیف نمی‌شود، بلکه خروجی طولانی‌مدت آلبیدو با قدرت تفکیک مکانی و زمانی زیاد مورد نیاز بررسی‌های تغییر اقلیم است. سنسج از راه دور (با سامانه‌های ماهواره‌ای مختلف) به عنوان ابزاری کارآمد، برای پایش آلبیدو طولانی مدت سطوح زمین، به طور گسترده‌ای در دهه‌های اخیر کاربرد داشته است. امروزه سنسجده‌های ماهواره‌ای زیادی قادر به اندازه‌گیری مقدار آلبیدو سطحی هستند. ماهواره‌های با قدرت تفکیک مکانی بالا و پهنای باند کم، تهیه نقشه آلبیدو جهانی را امکان‌پذیر کرده است که برای واسنجی آلبیدو به‌دست آمده از آنها با کمک سنسجده‌های با پهنای باند بیشتر می‌توان از نقاط کنترل زمینی بهره گرفت (۱۵). برآورد دقیق آلبیدو در دامنه‌ای از قدرت تفکیک‌های زمانی روزانه تا ماهیانه و قدرت تفکیک مکانی از ۱۰ متر تا ۵ کیلومتر، موجب دقیق‌تر شدن مدل‌سازی‌های محیطی و آب‌وهوایی و افزایش قابلیت اطمینان پیش‌بینی‌ها می‌شود. بنابراین، تولید داده‌هایی پایدار و دقیق از آلبیدو، ضروری است (۲۴). مقدار آلبیدو بسیار وابسته به زاویه خورشیدی

و زاویه دید ماهواره است. طول جغرافیایی که ماهواره در آن قرار دارد در مدل‌های ارائه شده نقش معنی‌داری دارد (۴). نتایج بررسی جامع مرور خوارزمیک‌ها (الگوریتم) و نتایج برآورد آلبیدو سطحی با مشاهدات ماهواره‌ای پژوهش نشان داد که محصولات آلبیدو با کیفیت مکانی و زمانی زیاد برای تغییرات آب‌وهوایی، بیلان انرژی سطحی و مطالعات هیدرولوژیک مورد نیاز و مهم است (۱۸). برای برآورد آلبیدو سطحی از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. در پژوهشی به ارزیابی شبکه‌های عصبی مصنوعی در تخمین آلبیدو سطح بهره‌گیری از باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک سنسجده^۲ استر^۳ (طول موج ۰/۸۶ - ۰/۵۲ میکرومتر) پرداخته شده است.

همچنین از مدل رگرسیون خطی چندمتغیره برای مقایسه استفاده شد. نتایج نشان داد جاهایی که پوشش زمین شامل خاک و پوشش گیاهی است، مهم‌ترین باندهای طیفی برای تخمین آلبیدو، باندهای ۱ و ۳ با طول موج‌های ۰/۶ - ۰/۵۲ و ۰/۸۶ - ۰/۷۸ میکرومتر است. بنابراین، با ترکیب باندهای ۱ و ۳ داده‌های استر، می‌توان از طریق مدل‌سازی شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چندمتغیره، آلبیدو سطح زمین را تخمین زد. همچنین نتایج حاصل از این پژوهش کارآیی بیشتر مدل شبکه عصبی مصنوعی را نسبت به روش رگرسیون خطی چند متغیره نشان داد (۱۶).

در پژوهشی دیگر، دقت دو خوارزمیک بازتابی آلبیدو از سنسجده OLI لندست ۸ در محیط شهری در برلی^۳ ایالت آیداهو با توجه به جزایره حرارتی شهری، با انتخاب پوشش‌های مختلف زمین مانند سقف آسفالت شده، سقف موزاییک شده، زمین ورزشی و پارکینگ مورد ارزیابی قرار گرفت. از آنجایی که خطای میانگین مربعات آلبیدو تخمین زده شده بسیار زیاد بود، خوارزمیک بازتابی برای بهبودسازی منطقه مورد مطالعه ارائه و تجزیه و تحلیل نیز با نقاط اندازه‌گیری شده زمینی توسط آلبیدومتر انجام شد (۱).

^۲ ASTER Sensors (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)

^۳ Burley

^۱ Zenith

زیادی پیرامون شرایط محیطی از جمله ویژگی‌های حرارتی رخساره‌ها در دست نیست، بررسی محیطی این رخساره‌ها به کمک فن‌آوری‌های نوین ضروری است. هدف اصلی پژوهش حاضر، برآورد آلبیدو سطح زمین با بهره‌گیری از داده‌های لندست ۸ در رخساره‌های مختلف ژئومورفولوژی در دشت یزد- اردکان، به عنوان یکی از مهم‌ترین مناطق بیابانی کشور، است. بیان انرژی تابشی دریافتی و برگشتی از کره زمین بیان‌گر انرژی قابل دسترس در هر بخش از سامانه زمین- اتمسفر است. تابش خالص خورشیدی بنیادی‌ترین نیروی محرکه برای تبخیر و تعرق و تمامی کنش و واکنش‌ها مابین زمین و اتمسفر است. این برهم کنش‌ها به گونه‌ای معنی‌دار بر اقلیم و دگرگونی آن سایه می‌افکند. از این رو، برآورد ریزبینانه انرژی خالص در مقیاس گسترده از نظر مدل- های اقلیمی جهانی و منطقه‌ای دارای اهمیت است. با توجه به اینکه آلبیدو مؤلفه فیزیکی بسیار مهمی در مطالعات محیط زیستی، هواشناسی و انتقال تابشی است، برآورد دقیق و مستمر آن، برای روندیابی و تحلیل تغییرات توازن انرژی تابشی در رخساره‌های بیابانی ضروری است. با توجه به اهمیت تاثیر گذاری مستقیم و غیرمستقیم آلبیدو بر فرآیندهای آب و هوایی و به دلیل کمبود تجهیزات، اندازه‌گیری مستقیم آن به‌طور محدود انجام می‌شود. بنابراین، برای دست یابی به مقدار آلبیدو با توجه به مقدار انرژی تابشی دریافتی در رخساره‌های ژئومورفولوژی متنوع منطقه بیابانی دشت یزد- اردکان در پژوهش حاضر از سنجش از دور استفاده شد.

■ مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

دشت یزد- اردکان در مختصات جغرافیایی $31^{\circ}13'5''$ تا $32^{\circ}36'1''$ عرض شمالی و طول شرقی $53^{\circ}24'7''$ تا $54^{\circ}56'7''$ در فلات مرکزی ایران، با مساحت تقریبی 11740 کیلومتر مربع، واقع شده است. این دشت یکی از مهم‌ترین دشت‌های استان یزد از دیدگاه منابع طبیعی، منابع انسانی و اقتصادی به شمار می‌رود و شهرهای یزد، تفت، اردکان، میبد، اشکذر، و مهریز را در بر می‌گیرد. این دشت به‌وسیله رشته کوه‌های شیرکوه در جنوب، کوه

خوارزمیک‌های موجود برای ارزیابی آلبیدو با بهره‌گیری از داده‌های ماهواره لندست ۸ نیازمند تصحیح اتمسفری است که گاهی اوقات ممکن است اطلاعات کامل در دسترس نباشد. برای غلبه بر این مشکلات، در مطالعه- ای در آمریکای شمالی، به کمک توابع پاسخ طیفی لندست و پایگاه داده تابع توزیع بازتابش دو طرفه، از طریق شبیه سازی انتقال تابشی، ی خوارزمیکی جامع برای تعیین آلبیدو سطح با استفاده مستقیم از داده‌های بازتابندگی بالای اتمسفری لندست شامل تصاویر¹ MSS، TM، ETM+² و OLI با چندین ورودی کمکی، ارائه شد. نتایج اعتبارسنجی در بیشتر پوشش‌های مختلف زمین و مناطق آب‌وهوایی نشان می‌دهد که این خوارزمیک برای سطوح بدون برف و پوشیده از برف می- تواند استفاده شود (۱۲).

در بیشتر بررسی‌ها، بهره‌گیری از تصاویر سنجنده‌های TM و ETM+، به ویژه در کاربردهای تابش و تعادل انرژی، آلبیدو از طریق ترکیبی از باندهای بازتابی بدون تصحیح اتمسفر به دست آمد و پس از آن اثر جوی بر اساس رابطه پیشنهادی (۲۶) اصلاح می‌شود. به‌تازگی در پژوهشی دیگر، خوارزمیکی برای تصحیح اتمسفر هر یک از باندهای بازتابنده TM و MODIS³ براساس همان مدل اصلاحی پیشنهادی (۲۶) ارائه شد.

هر چند تجزیه و تحلیل آلبیدو در بسیاری از تحقیقات مربوط به تابش و تعادل انرژی بر اساس تصاویر TM، ETM+ انجام شده است، اما بررسی کاربرد تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸، برای برآورد آلبیدو سطح زمین در مناطق خشک، بسیار محدود است. مناطق بیابانی به دلیل شرایط خاص اقلیمی و پایین بودن رطوبت، صافی آسمان، پراکنده و ناچیز بودن پوشش گیاهی، زیاد بودن مقدار تابش خورشیدی، سکونت‌گاه پراکنده انسانی و دیگر ویژگی‌های زمین شناختی منجر به شرایط حفاظتی خوب، قابلیت دید و آشکارسازی بالای پدیده‌ها و اشیاء علمی، به ویژه رخساره‌های ژئومورفولوژی شده است. با توجه به این که در این مناطق اطلاعات

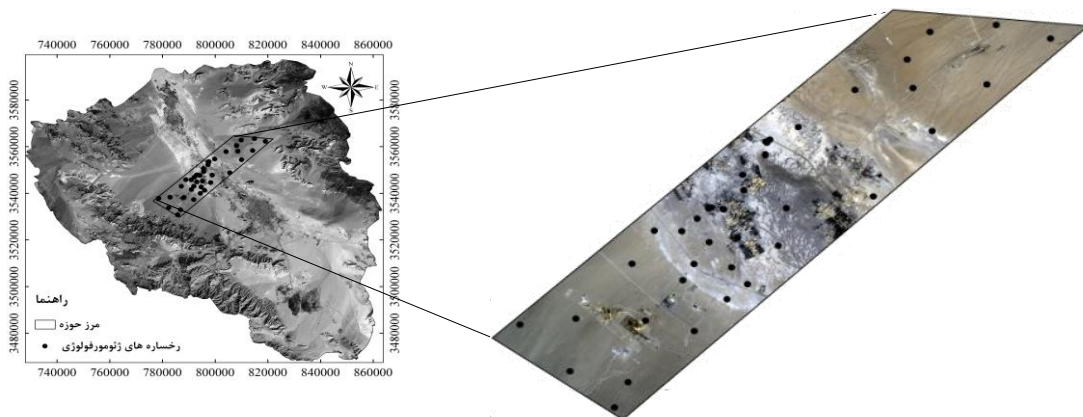
¹Multi Spectral Scanner (MSS)

²Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)

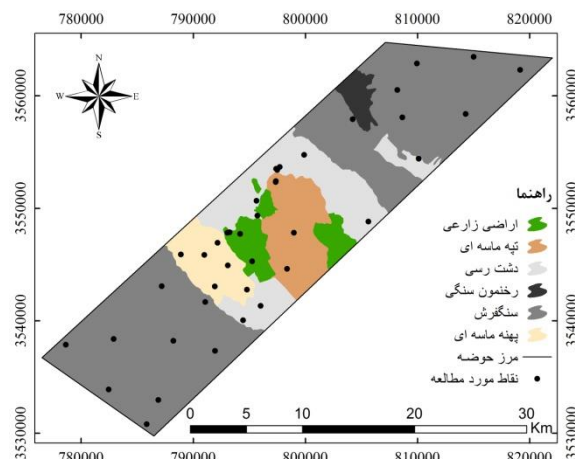
³Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)

نزدیکی به چاله‌های کویری (پلایا) در فاصله‌ای کمتر از ۶۰ کیلومتر، انواع رخساره‌های متنوع را بوجود آورده است. به دلیل وجود تنوع بسیار زیاد رخساره‌های ژئومورفولوژی، و همچنین عوامل توپوگرافی و شیب، مقدار انرژی تابشی دریافتی در سطوح ژئومورفولوژی مختلف، متفاوت است. محدوده مورد بررسی، بخش‌هایی از دشت یزد- اردکان در حد فاصل خضرآباد تا اشکذر است و بیشتر رخساره‌های ژئومورفولوژی بیابانی را تحت پوشش خود قرار داده است (شکل ۱). رخساره‌های ژئومورفولوژی و دیگر پوشش‌های سطح زمین مورد بررسی در این منطقه شامل اراضی رسی بدون پوشش، اراضی رسی با پوشش، اراضی بایر، تپه ماسه-ای بدون مالچ، پهنه ماسه‌ای، تپه ماسه‌ای مالچ‌پاشی شده، سنگفرش بیابان، اراضی زراعی و آسفالت است. اندازه‌گیری‌ها در هر رخساره با چندین تکرار انجام شد و با توجه به گستردگی رخساره‌ها در مجموع ۴۰ نمونه از آلبیدوی پوشش سطح زمین و رخساره‌ها بررسی شد (شکل ۲).

هنگران و مرغ زرد در غرب، کوه‌های هفت آدمین و خونزا در شرق و کوه چک چک در شمال محصور گردیده است. این منطقه به دلیل واقع بودن در زیر مرکز پرفشار جنب حاره ای دارای نوسان دمایی زیاد است. کمینه دما ثبت شده در ایستگاه یزد 18°C - و بیشینه آن $45/6^{\circ}\text{C}$ درجه است. بارش‌های این منطقه اندک و نامنظم است. بارش سالانه یزد طی ۵۰ سال گذشته از ۱۷ میلی‌متر تا ۱۲۶ میلی‌متر با ضریب تغییرات ۰/۵۱ در نوسان است. مقدار تبخیر آن بین ۲۲۰۰ تا ۳۲۰۰ میلی‌متر می‌باشد. برطبق نقشه‌های سازمان زمین‌شناسی، از قدیمی‌ترین تا جوان‌ترین سازندهای زمین‌شناسی در منطقه مورد مطالعه مشاهده می‌شود (۲۹). با توجه به شرایط اقلیمی خشک و فراخشک حاکم بر منطقه و همچنین تنوع واحدهای سنگ‌شناسی از پرکامبرین تا کواترنر، انواع رخساره‌های ژئومورفولوژی را می‌توان در حوزه آبخیز دشت یزد- اردکان مشاهده کرد. کوه‌های لخت و پرشیب، درکنار دشت‌های صاف و هموار و



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در دشت یزد- اردکان



شکل ۲. موقعیت رخساره‌های ژئومورفولوژی بیابانی مورد مطالعه در دشت یزد- اردکان

$$W = 0.14e_a P_0 + 2.1 \quad (3)$$

که در آن:

e_a فشار جزئی بخار آب جوی برحسب کیلوپاسکال و P_0 معادل فشار اتمسفری بر حسب کیلوپاسکال است. مقدار آلبیدو اتمسفری را می‌توان از طریق مدل انتقال تابشی برآورد کرد که بین ۰/۰۲۵ و ۰/۰۴۰ قرار دارد (۲). در این مطالعه مقدار آن ۰/۰۲ مورد تایید قرار گرفت. تعیین آلبیدو بدون تصحیح اتمسفر (α_{toa}) از طریق ترکیب خطی بازتابی تک رنگ یا مونو کروماتیک باندهای بازتابنده از باند ۲ تا ۷ لندست ۸ برپایه رابطه (۴) برآورد شد.

$$\alpha_{toa} = p_2 \times r_2 + p_3 \times r_3 + p_4 \times r_4 + p_5 \times r_5 + p_6 \times r_6 + p_7 \times r_7 \quad (4)$$

که در آن:

r_2 تا r_7 بازتاب باندهای ۲ تا ۷ و ρ_2 تا ρ_7 وزن دهی باندهای طیفی ۲ تا ۷ است. و مقدار بازتابش هر یک از باندهای ۲ تا ۷ از رابطه (۵) به‌دست آمد (۷).

$$r_b = \frac{(Add_{ref,b} + Mult_{ref,b} DN_b)}{\cos Z_d} \quad (5)$$

که در آن:

$Add_{ref,b}$ و $Mult_{ref,b}$ بیانگر ضوابط و ضرایب بازتابی هر باند است که از فراداده هر تصویر به‌دست می‌آید، DN_b ارزش پیکسل هر باند، b زیرمجموعه‌ای که هر یک از شش باند OLI را نشان می‌دهد و d_r مطابق با تصحیح بی‌حرکتی مدار زمین است که به کمک رابطه (۶) بدست می‌آید.

$$d_r = \left(\frac{1}{d_{ES}} \right)^2 \quad (6)$$

که در آن:

d_{ES} فاصله زمین از خورشید (واحد نجومی) در روز هر تصویر استخراج شده از فراداده. برای تعیین هر وزن ρ_b

داده های مورد استفاده

در پژوهش حاضر از دو نوع داده‌های هواشناسی و ماهواره‌ای استفاده شده است. داده‌های ماهواره‌ای در مجموع شامل ۹ تصویر ماهواره لندست ۸ مربوط به ماه‌های ژوئن، جولای، اگوست، سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر سال ۲۰۱۷ و ژانویه سال ۲۰۱۸ است. معیار انتخاب این تصاویر، نبود ابر و بودن در فصل‌های مختلف است. برای تصحیح تصاویر، از تصحیح رادیومتری و اتمسفری استفاده شد. داده‌های هواشناسی مورد استفاده شامل دمای هوا، رطوبت نسبی هوا و فشار اتمسفر در تاریخ روزهای تصویر ماهواره‌ای است.

محاسبه آلبیدو سطح

مقدار آلبیدو بهره‌گیری از تصاویر لندست ۸ بر اساس معادله زیر محاسبه می‌شود (۵).

$$\alpha = \frac{(\alpha_{toa} - \alpha_{atm})}{\tau_{oc}^2} \quad (1)$$

که در آن:

α آلبیدو، α_{toa} آلبیدو زمینی، α_{atm} آلبیدو اتمسفری و τ_{oc} عبور اتمسفری در دامنه تابش خورشیدی که بدون بعد هستند، که به کمک معادله ۲ دست می‌آید:

$$\tau_{oc} = 0.35 + 0.627 \exp \left[-\frac{0.00146 P_0}{K_r \cos Z} - 0.075 \left(\frac{W}{\cos Z} \right)^{0.4} \right] \quad (2)$$

که در آن:

P_0 فشار اتمسفری محلی (کیلوپاسکال)، k_t ضریب مه آلودی هوا، ($k_t = 1$) برای هوای پاک و $k_t = 0.5$ برای هوا بسیار آلوده که در این مطالعه $k_t = 1$ استفاده شد، Z زاویه زینت خورشید استخراج شده از فراداده تصویر برحسب رادیان و W آب قابل بارش (میلی‌متر)، به عنوان تابعی از رطوبت نسبی و فشار اتمسفری محلی بر اساس معادله آلن و همکاران (۱) که به کمک رابطه (۳) محاسبه می‌شود:

■ نتایج

در پژوهش حاضر، مقدار ضریب آلبیدو سطح زمین بهره‌گیری از تصاویر لندست ۸ تخمین زده شد. برای تعیین مقدار عبور اتمسفری در تصحیح اتمسفری، از داده‌های هواشناسی شامل فشار بخار جزئی، فشار هوا و آب قابل بارش بر اساس رابطه‌های ۲ و ۳ استفاده شد. داده‌های مورد استفاده در پردازش تصویر در جدول (۱) نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول ملاحظه می‌شود با تغییر فصل از تابستان به زمستان، مقادیر زاویه زنیت خورشید از کم به زیاد و مقادیر عبور اتمسفری از زیاد به کم تغییر کرده است که در محاسبه آلبیدو مؤثر است.

داده‌های استخراج شده از فراداده که برای محاسبه تابش و انعکاس از لندست ۸ و باندهای ۲ تا ۷، OLI استفاده شده است به صورت نمونه، برای سه تصویر در جدول (۲) نشان داده شده است. برای هر یک از روزها و هر باند، مقدار ضرایب Addrad و Multtrad تابش متفاوت است، ولی این ضرایب، در بازتاب تمام تصویر، ثابت است.

ضروری است که ثابت خورشیدی K_b برای هر یک از باندهای بازتابی OLI با بهره‌گیری از رابطه (۷) تخمین زده شود.

$$K_b = \frac{\pi L_b}{r_b \cos Z d_r} \quad (7)$$

که در آن:

L_b تابش یا رادیانس هر پیکسل از هر باند (b) است که بهره‌گیری از رابطه (۸) محاسبه می‌شود.

$$L_b = Add_{rad,b} + Mult_{rad,b} DN_B \quad (8)$$

که در آن:

$Add_{rad,b}$ و $Mult_{rad,b}$ بیان‌گر ضرایب تابشی هر باند، که از فراداده هر تصویر استخراج شده و DN_B ارزش پیکسل هر باند و b زیرمجموعه‌ای که هر یک از شش باند OLI، یعنی باند ۲ تا ۷ را نشان می‌دهد. مقدار هر وزن ρ_b از هر باند طیفی به واسطه نسبت بین K_b آن باند و مجموع تمام مقادیر K_b استفاده شده برای برآورد آلبیدوی سطحی، مشابه مدل سبال، به دست آمد (۲، ۵، و ۲۳).

جدول ۱. متغیرهای استفاده شده در محاسبه آلبیدو

تاریخ تصویر میلادی	تاریخ تصویر شمسی	دمای هوا (T)	فشار هوا (P ₀)	زاویه زینت خورشید (Z)	کسینوس زاویه زینت خورشید (cos Z)	فاصله زمین از خورشید (d _{ES})	عبور اتمسفری (τ_{oc})
۲۰۱۷/۰۶/۲۶	۱۳۹۶/۰۴/۰۵	۳۳/۵۷	۸۷/۱	۲۱/۶۰	۰/۹۲۹۸	۰/۹۸۳۲	۰/۷۱۵۳
۲۰۱۷/۰۷/۱۱	۱۳۹۶/۰۴/۲۰	۳۴/۰۸	۸۸/۴	۲۲/۷۹	۰/۹۲۱۹	۱/۰۰۱	۰/۷۱۴۳
۲۰۱۷/۰۸/۱۲	۱۳۹۶/۰۵/۲۱	۲۹/۳۷	۸۷/۳	۲۶/۹۵	۰/۸۹۱۴	۱/۰۰۱	۰/۷۲۲۷
۲۰۱۷/۰۸/۲۸	۱۳۹۶/۰۶/۰۶	۲۴/۴	۸۷/۲	۳۰/۱۴	۰/۸۶۴۸	۰/۹۹۷۱	۰/۷۲۷۱
۲۰۱۷/۰۹/۲۹	۱۳۹۶/۰۷/۰۷	۲۳/۷	۸۷/۱	۳۸/۸۷	۰/۷۷۸۶	۱/۰۰۱	۰/۶۹۵۳
۲۰۱۷/۱۰/۱۵	۱۳۹۶/۰۷/۲۳	۲۱/۷	۸۷/۷	۴۳/۹۵	۰/۷۲۰۰	۰/۹۲۹۸	۰/۶۸۶۱
۲۰۱۷/۱۱/۱۶	۱۳۹۶/۰۸/۲۵	۱۱/۹	۸۸/۳	۵۳/۳۹	۰/۵۹۶۴	۰/۹۲۱۹	۰/۶۶۲۸
۲۰۱۷/۱۲/۰۲	۱۳۹۶/۰۹/۱۱	۷/۸	۸۸/۷	۵۶/۷۶	۰/۵۴۸۱	۰/۹۲۹۸	۰/۶۷۶۳
۲۰۱۸/۰۱/۰۳	۱۳۹۶/۱۰/۱۳	۷/۶	۸۷/۷	۵۸/۷۹	۰/۵۱۸۱	۰/۹۲۱۹	۰/۶۴۴۶

جدول ۲. ضرایب تابش و بازتاب استخراج شده از فرداده تصاویر

باند ۷	باند ۶	باند ۵	باند ۴	باند ۳	باند ۲	ضرایب تابش بازتاب	تاریخ تصویر میلاادی / شمسی
$5/30 \times 10^{-4}$	$1/57 \times 10^{-3}$	$6/32 \times 10^{-3}$	$1/03 \times 10^{-2}$	$1/22 \times 10^{-2}$	$1/32 \times 10^{-2}$	Multi _{rad}	۲۰۱۷/۰۶/۲۶
-۲/۶۵	-۷/۸۶	-۳۱/۶۱	-۵۱/۶۶	-۶۱/۲۷	-۶۶/۴۹	Add _{rad}	۱۳۹۶/۰۴/۰۵
2×10^{-5}	2×10^{-5}	2×10^{-5}	2×10^{-5}	2×10^{-5}	2×10^{-5}	Multi _{ref}	
-۰/۱	-۰/۱	-۰/۱	-۰/۱	-۰/۱	-۰/۱	Add _{ref}	
$5/10 \times 10^{-4}$	$1/51 \times 10^{-3}$	$6/09 \times 10^{-3}$	$9/95 \times 10^{-3}$	$1/18 \times 10^{-2}$	$1/28 \times 10^{-2}$	Multi _{rad}	۲۰۱۷/۰۹/۲۹
-۲/۵۵	-۷/۵۷	-۳۰/۴۶	-۴۹/۷۸	-۵۹/۰۳	-۶۴/۰۶	Add _{rad}	۱۳۹۶/۰۷/۰۷
2×10^{-5}	2×10^{-5}	2×10^{-5}	2×10^{-5}	2×10^{-5}	2×10^{-5}	Multi _{ref}	
-۰/۱	-۰/۱	-۰/۱	-۰/۱	-۰/۱	-۰/۱	Add _{ref}	
$5/24 \times 10^{-4}$	$1/55 \times 10^{-3}$	$6/25 \times 10^{-3}$	$1/02 \times 10^{-2}$	$1/21 \times 10^{-2}$	$1/31 \times 10^{-2}$	Multi _{rad}	۲۰۱۷/۱۱/۱۶
-۲/۶۲	-۷/۷۷	-۳۱/۲۵	-۵۱/۰۷	-۶۰/۵۷	-۶۵/۷۳	Add _{rad}	۱۳۹۶/۰۸/۲۵
2×10^{-5}	2×10^{-5}	2×10^{-5}	2×10^{-5}	2×10^{-5}	2×10^{-5}	Multi _{ref}	
-۰/۱	-۰/۱	-۰/۱	-۰/۱	-۰/۱	-۰/۱	Add _{ref}	

ازنسبت بین ثابت خورشیدی ویژه هر باند و مجموع تمام مقادیر ثابت خورشیدی ویژه استفاده شده در محاسبه آلبیدو سطح بدست آمد (جدول ۴). سهم نسبی هر باند طیفی در آلبیدو سطحی در باندهای مختلف، متفاوت است اما در تصاویر با تاریخهای متفاوت اختلافی وجود ندارد.

بنابراین برای محاسبه آلبیدو در طول زمان، ضرایب تابش اثرگذارتر از ضرایب‌های بازتاب است. در همین راستا، ثابت خورشیدی ویژه Kb از هر یک از باندهای ۲ تا ۷ سنجنده OLI بر اساس رابطه (۷) محاسبه شد (جدول ۳).

مقدار سهم یا وزن هر باند طیفی p_b بهره گیری

جدول ۳. ثابت خورشیدی ویژه در هر باند تصاویر لندست ۸

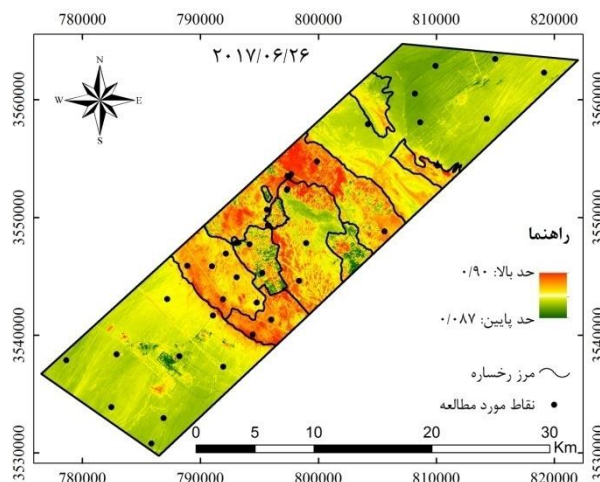
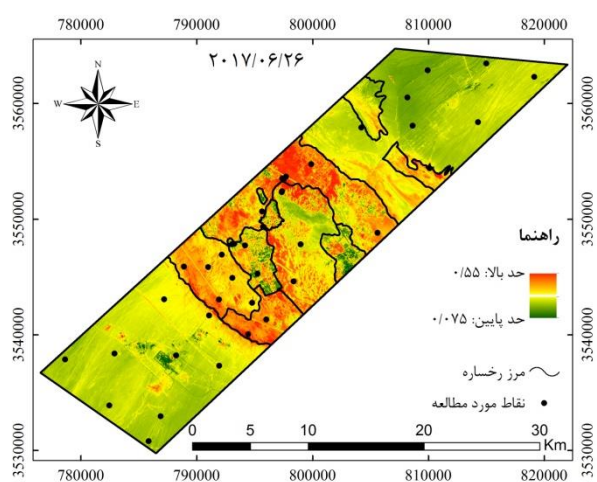
Kb						تاریخ تصویر شمسی	تاریخ تصویر میلاادی
باند ۷	باند ۶	باند ۵	باند ۴	باند ۳	باند ۲		
۸۰/۴۵	۲۳۸/۷۱	۹۵۹/۸۷	۱۵۶۸/۵۵	۱۸۶۰/۰۲	۲۰۱۸/۵۲	۱۳۹۶/۰۴/۰۵	۲۰۱۷/۰۶/۲۶
۸۰/۴۵	۲۳۸/۷۱	۹۵۹/۸۷	۱۵۶۸/۵۵	۱۸۶۰/۰۲	۲۰۱۸/۵۲	۱۳۹۶/۰۴/۲۰	۲۰۱۷/۰۷/۱۱
۸۰/۴۵	۲۳۸/۷۱	۱۱۲۹/۵۸	۱۵۶۸/۵۵	۱۸۵۹/۹۳	۲۰۱۸/۵۲	۱۳۹۶/۰۵/۲۱	۲۰۱۷/۰۸/۱۲
۷۷/۷۶	۲۳۰/۷۰	۹۲۷/۶۹	۱۵۶۸/۵۵	۱۷۹۷/۷۲	۱۹۵۰/۸۰	۱۳۹۶/۰۶/۰۶	۲۰۱۷/۰۸/۲۸
۸۰/۴۵	۲۳۸/۷۱	۹۵۹/۸۷	۱۵۶۸/۵۵	۱۸۶۰/۰۲	۲۰۱۸/۵۲	۱۳۹۶/۰۷/۰۷	۲۰۱۷/۰۹/۲۹
۸۰/۴۵	۲۳۸/۷۱	۹۵۹/۸۷	۱۵۶۸/۵۵	۱۸۶۰/۰۲	۲۰۱۸/۵۲	۱۳۹۶/۰۷/۲۳	۲۰۱۷/۱۰/۱۵
۸۲/۲۹	۲۴۴/۱۷	۹۸۱/۸۱	۱۶۰۴/۵۰	۱۹۰۲/۷۶	۲۰۶۴/۸۱	۱۳۹۶/۰۸/۲۵	۲۰۱۷/۱۱/۱۶
۸۳/۰۶	۲۴۶/۴۴	۹۹۰/۹۴	۱۶۱۹/۲۵	۱۹۲۰/۳۳	۲۰۸۳/۷۷	۱۳۹۶/۰۹/۱۱	۲۰۱۷/۱۲/۰۲
۸۰/۴۵	۲۳۸/۷۱	۹۵۹/۸۷	۱۵۶۸/۵۵	۱۸۶۰/۰۲	۲۰۱۸/۵۲	۱۳۹۶/۱۰/۱۳	۲۰۱۸/۰۱/۰۳

جدول ۴. سهم نسبی هر باند طیفی تصاویر لندست ۸

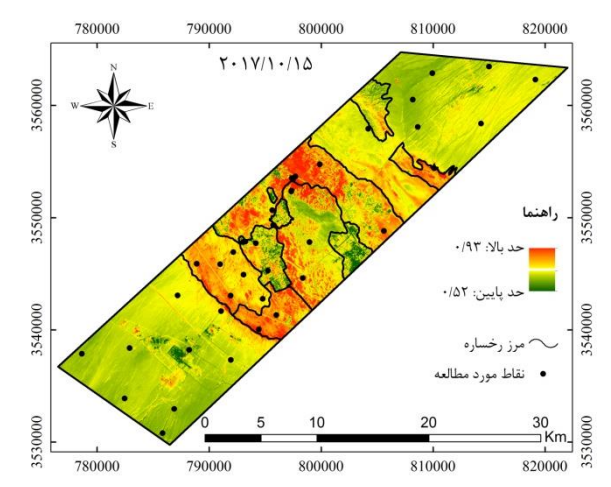
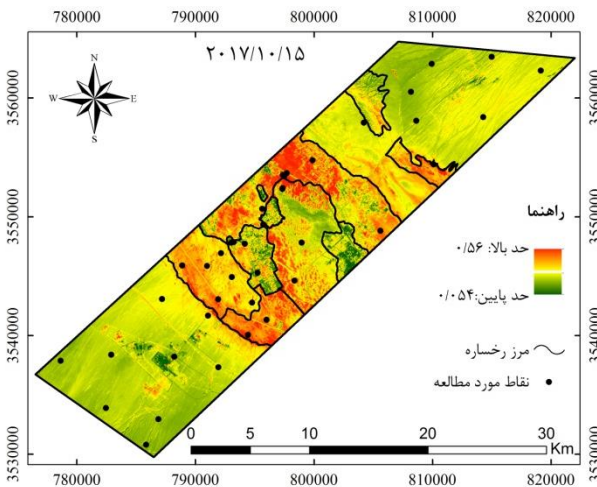
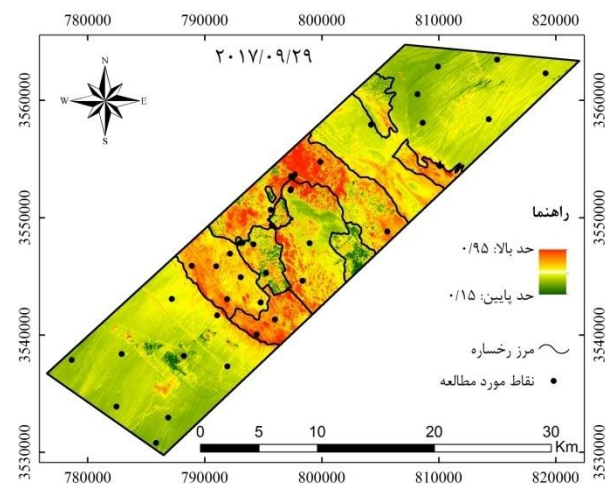
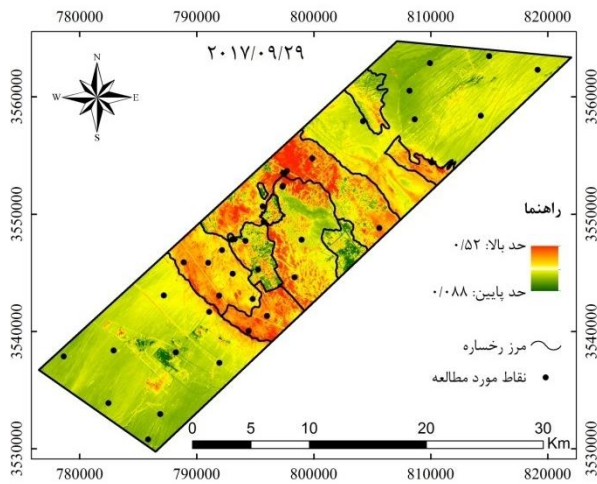
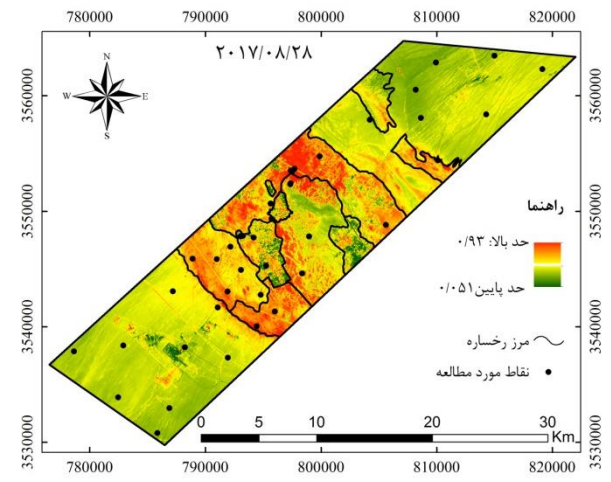
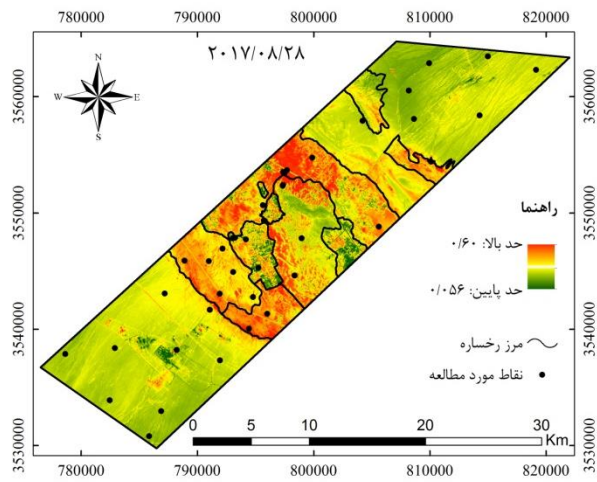
ρ_b						تاریخ تصویر شمسی	تاریخ تصویر میلادی
باند ۷	باند ۶	باند ۵	باند ۴	باند ۳	باند ۲		
۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳۰	۱۳۹۶/۰۴/۰۵	۲۰۱۷/۰۶/۲۶
۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳۰	۱۳۹۶/۰۴/۲۰	۲۰۱۷/۰۷/۱۱
۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳۰	۱۳۹۶/۰۵/۲۱	۲۰۱۷/۰۸/۱۲
۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳۰	۱۳۹۶/۰۶/۰۶	۲۰۱۷/۰۸/۲۸
۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳۰	۱۳۹۶/۰۷/۰۷	۲۰۱۷/۰۹/۲۹
۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳۰	۱۳۹۶/۰۷/۲۳	۲۰۱۷/۱۰/۱۵
۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳۰	۱۳۹۶/۰۸/۲۵	۲۰۱۷/۱۱/۱۶
۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳۰	۱۳۹۶/۰۹/۱۱	۲۰۱۷/۱۲/۰۲
۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳۰	۱۳۹۶/۱۰/۱۳	۲۰۱۸/۰۱/۰۳

نشان می‌دهد آلبیدو در فصل تابستان نسبت به زمستان بیشتر است. بیشترین مقادیر آلبیدو محاسبه شده با سنجنده OLI، به ترتیب شامل اراضی رسی بدون پوشش، اراضی رسی با پوشش، اراضی بایر، تپه ماسه‌ای بدون مالچ، پهنه ماسه‌ای، تپه ماسه‌ای مالچ‌پاشی شده، اراضی زراعی، آسفالت و در آخر سنگفرش بیابان است.

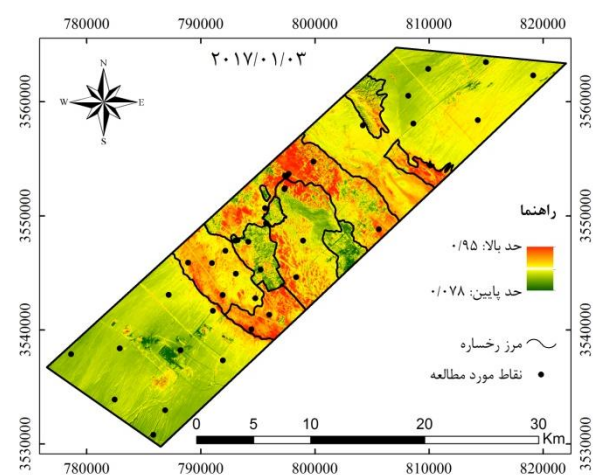
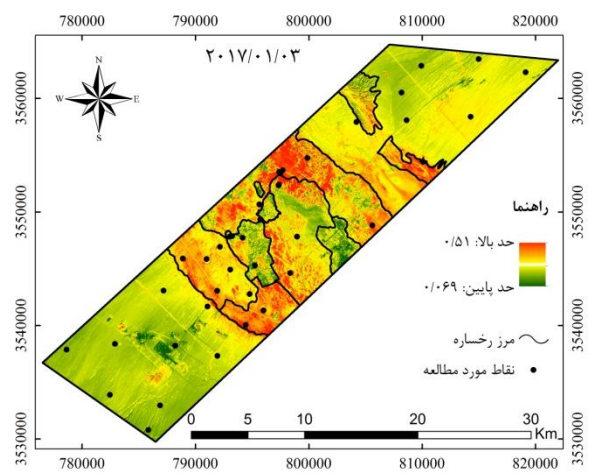
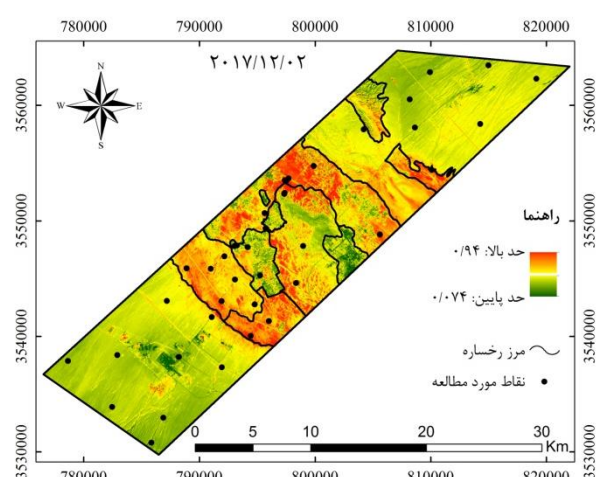
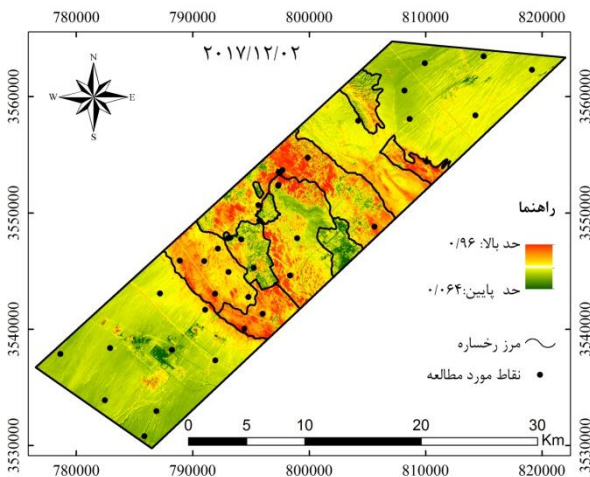
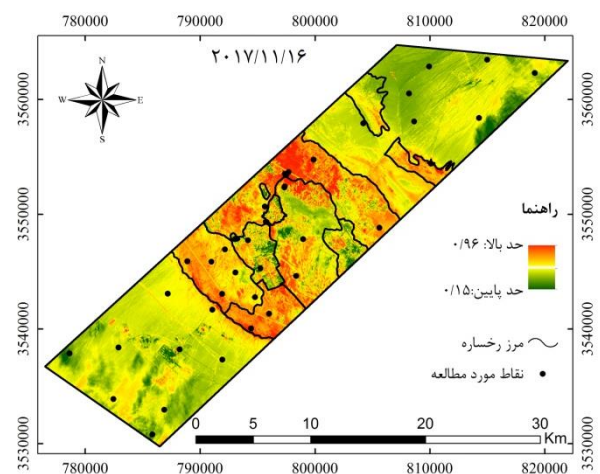
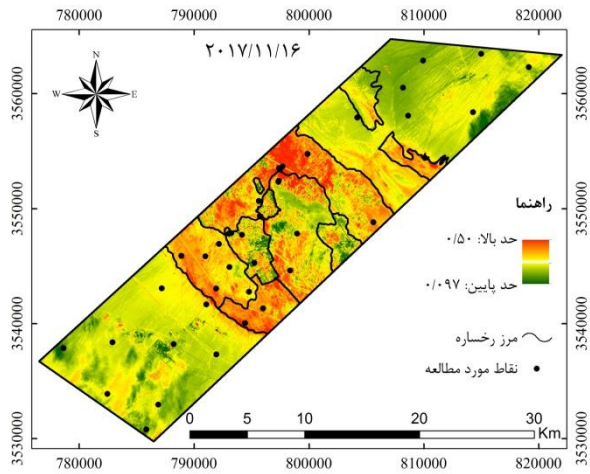
در ادامه، مقادیر آلبیدو ۹ تصویر لندست ۸ بدون ابر در فصل تابستان و پاییز سال ۱۳۹۶ محاسبه شد (شکل ۳). نتایج مقایسه آلبیدو پس از کسر آلبیدوی اتمسفری و آلبیدو سطح زمین، در ۱۷ رخساره از مجموع رخساره‌های مورد بررسی در دو تاریخ متفاوت به صورت نمونه در شکل ۴ و ۵ ارائه شده است. میانگین آلبیدو سطح زمین در رخساره‌های مختلف نیز در جدول (۵) آمده است که



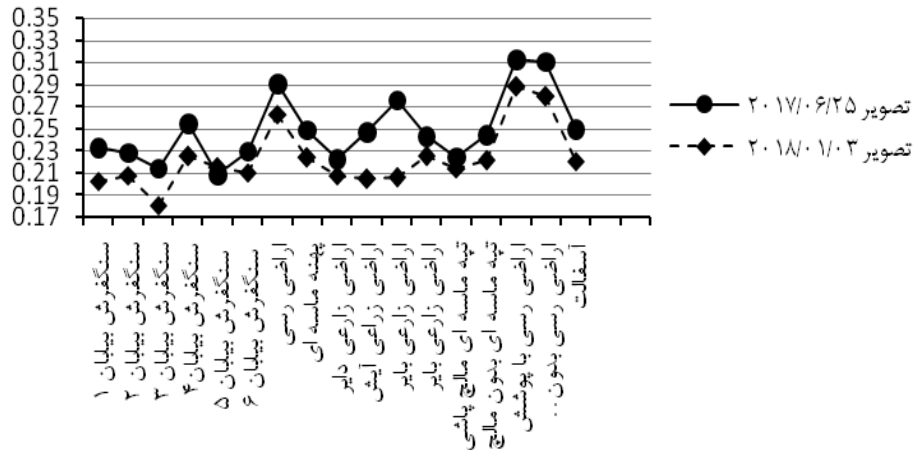
شکل ۳. نقشه آلبیدو پس از کسر آلبیدوی اتمسفری (سمت راست) و آلبیدو سطح زمین (سمت چپ) در تاریخ‌های مختلف



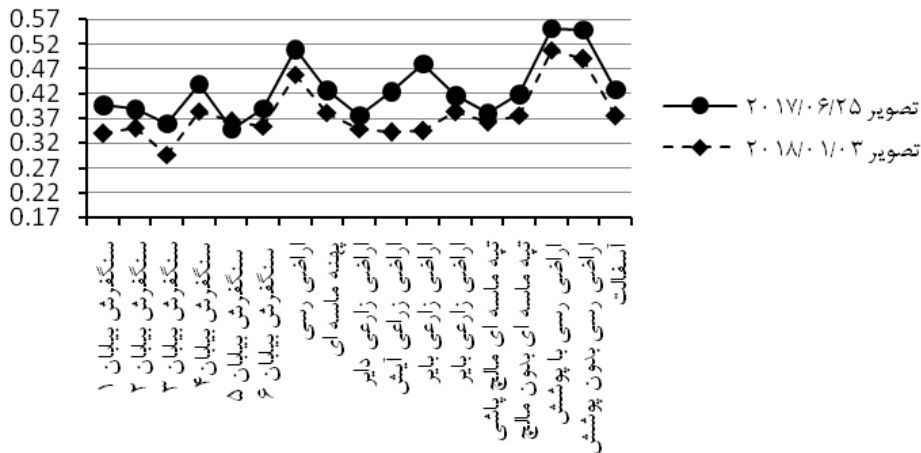
ادامه شکل ۳. نقشه آلودگی پس از کسر آلودگی اتمسفری (سمت راست) و آلودگی سطح زمین (سمت چپ) در تاریخ‌های مختلف



ادامه شکل ۳. نقشه آلبیدو پس از کسر آلبیدوی اتمسفری (سمت راست) و آلبیدو سطح زمین (سمت چپ) در تاریخ‌های مختلف



شکل ۴. تغییرات آلبیدو سطح زمین در رخساره های مختلف در دو تاریخ (۲۰۱۷/۰۶/۲۵ و ۲۰۱۸/۰۱/۰۳) انتخاب شده



شکل ۵. تغییرات آلبیدو در رخساره های مختلف در دو تاریخ (۲۰۱۷/۰۶/۲۵ و ۲۰۱۸/۰۱/۰۳) انتخاب شده

جدول ۵. مقادیر آلبیدو و آلبیدو سطح تخمین زده شده به کمک تصاویر لندست در رخساره‌های مختلف

رخساره	مقادیر آلبیدو سطح			مقادیر آلبیدو		
	میانگین	بیشینه	کمینه	میانگین	بیشینه	کمینه
سنگفرش بیابان ۱	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۳۸	۰/۴۲	۰/۳۴
سنگفرش بیابان ۲	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۳۹	۰/۴۴	۰/۳۵
سنگفرش بیابان ۳	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۳۵	۰/۳۹	۰/۳۰
سنگفرش بیابان ۴	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۲۳	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۳۷
سنگفرش بیابان ۵	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۳۹	۰/۴۳	۰/۳۵
سنگفرش بیابان ۶	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۲۰	۰/۴۰	۰/۴۵	۰/۳۶
اراضی رسی	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۵۲	۰/۵۷	۰/۴۶
پهنه ماسه ای	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۴۳	۰/۴۶	۰/۳۸
اراضی زارعی دایر	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۲۱	۰/۳۹	۰/۴۲	۰/۳۵
اراضی زارعی آیش	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۴۰	۰/۴۴	۰/۳۴
اراضی زارعی بایر	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۲۱	۰/۴۵	۰/۵۲	۰/۳۵
اراضی زارعی بایر	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۴۲	۰/۴۶	۰/۳۸
تپه ماسه ای مالچ پاشی	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۴۰	۰/۴۴	۰/۳۶
تپه ماسه ای بدون مالچ	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۴۳	۰/۴۸	۰/۳۸
اراضی رسی با پوشش	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۵۷	۰/۶۱	۰/۵۱
اراضی رسی بدون پوشش	۰/۳۰	۰/۳۲	۰/۲۶	۰/۵۵	۰/۶۱	۰/۴۹
آسفالت	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۱	۰/۴۳	۰/۴۶	۰/۳۹

■ بحث و نتیجه‌گیری

آلبیدو در بررسی تغییرات پوشش سطح زمین و تغییرات آب و هوا نقش کلیدی دارد. در بیشتر مطالعات انجام شده در ایران برای برآورد آلبیدو سطح از مدل سبال استفاده شده است. برخی مطالعات نیز از روش‌های دیگری مانند استفاده از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده مودیس، لندست ۵ و ۷ برای برآورد آلبیدو بهره برده‌اند (۱۰، ۱۱، ۱۵). در همین راستا، پژوهش حاضر سعی داشته است تا مقدار ضریب آلبیدو سطح را با بهره‌گیری از تصاویر لندست ۸ و بهره‌گیری از برخی متغیرهای هواشناسی تاثیرگذار بر آلبیدو سطح از جمله، فشار بخار جزئی، فشار هوا و آب قابل بارش را در رخساره‌های مختلف ژئومورفولوژی در منطقه دشت یزد- اردکان برآورد کند.

در استان یزد ایستگاه زمینی اندازه‌گیری آلبیدو سطحی به صورت نقطه‌ای وجود ندارد تا به‌توان از داده‌های آن برای فعالیت‌های پژوهشی استفاده کرد. یکی از دستگاه‌های تشعشع سنجی متداول پیرانومتر می‌باشد که قادر است شدت تابش کلی، شدت تابش پراکنده آسمان و شدت تابش پراکنده بازتابی از طرف زمین را اندازه‌گیری کند. از ترکیب دو دستگاه پیرانومتر، که یکی رو به آسمان و دیگری رو به زمین نصب می‌شود، دستگاهی به نام آلبیدومتر تشکیل می‌شود که به‌ترتیب برای اندازه‌گیری شدت تابش کلی و شدت تابش بازتابی از زمین به کار می‌روند. با توجه به نبود امکان نصب و استفاده از این دستگاه در پژوهش حاضر، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای برای تخمین ضریب آلبیدو سطح یکی از راه‌حل‌ها به شمار می‌آید. یکی از بهترین سنجنده‌های ماهواره‌ای برای این منظور، تصاویر لندست ۸ است.

بسیاری از تحقیقات تعادل تابشی با تصاویر لندست ۵ و ۷ از ضرایب حداکثر و حداقل تابش در فرآیند تبدیل سطح خاکستری به تابش طیفی استفاده کرده‌اند (۱، ۵، ۱۰، ۱۱، ۲۱). مقادیر در طول زمان به روز شد، اما برای چندین سال ثابت بود (۷، ۸). با توجه به نتایج پژوهش حاضر، بهره‌گیری از لندست ۸، برای هر

تصویری و در هر باند، مقادیر ضرایب بیشینه و کمینه تابش تغییر کرد. بنابراین توصیه می‌شود برای محاسبه تابش طیفی و تعیین بازتابش طیفی در هر تصویر از مقدار ضرایب بیشینه و کمینه تابش استفاده شود.

همان‌طور که ذکر شد رهیافت‌های مختلفی برای برآورد آلبیدو سطحی از طریق تصاویر ماهواره‌ای وجود دارد، با این حال، بیشترین استفاده از تصاویر لندست در تحقیقات مربوط به تعادل انرژی و تابش ارائه شده است (۲۶). روش استفاده شده در پژوهش حاضر، نیاز به محاسبه وزن یا سهم نسبی هر باند طیفی در محاسبه آلبیدو در کل تابش خورشیدی دارد که به‌طور گسترده‌ای شناخته شده است (۱، ۵، ۱۰، ۱۱، ۲۱). قابل ذکر است که بهره‌گیری از تصاویر لندست ۸، مقدار سهم نسبی هر باند طیفی در مناطق خشک و بیابانی هنوز تعیین نشده است که یکی از اهداف پژوهش حاضر تعیین آنها، در تصاویر سنجنده OLI بوده است. در همین راستا، بهره‌گیری از رابطه ذکر شده محاسبه ثابت خورشیدی ویژه از هر یک از باندهای ۲ تا ۷ سنجنده OLI و در ادامه سهم نسبی هر باند طیفی برای محاسبه آلبیدو تعیین شد، که در پایان برای هر یک از رخساره‌های مدنظر در این پژوهش در ۹ تصویر از تیرماه تا دی ماه ۱۳۹۶ باتوجه به انتخاب روزهای بدون ابر، آلبیدو برآورد شد.

مطابق با میانگین آلبیدو سطح زمین در رخساره‌های مختلف، آلبیدو در فصل تابستان نسبت به زمستان بیشتر است. علت این امر را می‌توان به تاثیر زاویه تابش، تغییر ارتفاع خورشید در طول روز، دانست. آلبیدو برآورد شده پس از کسر آلبیدوی اتمسفری، در رخساره‌های اراضی رسی بین ۰/۴۶ تا ۰/۶۱، سنگفرش بین ۰/۳۰ تا ۰/۴۵، تپه ماسه‌ای بین ۰/۳۶ تا ۰/۴۸، اراضی بایر ۰/۳۴ تا ۰/۵۲، پهنه ماسه‌ای ۰/۳۸ تا ۰/۴۶، اراضی زراعی ۰/۳۵ تا ۰/۴۲ و در آسفالت ۰/۳۸ تا ۰/۴۶ می‌باشد. میانگین آلبیدو سطح در رخساره‌های اراضی رسی ۰/۳۰، سنگفرش ۰/۲۲، تپه ماسه‌ای ۰/۲۴، اراضی بایر ۰/۲۶، پهنه ماسه‌ای ۰/۲۴، اراضی زراعی ۰/۲۳ و در آسفالت ۰/۲۴ متغیر بوده است. پژوهشی با هدف مدل سازی تغییرات زمانی- مکانی آلبیدو با بهره-

وجود دارد. بنابراین، محاسبه آلبیدو با کمک تصاویر سنجنده OLI، در تفکیک انواع مختلف کاربری اراضی، از توانایی بالایی برخوردار است (۲۲).

استفاده از مدل‌های مطالعاتی دیگر و مقایسه نتایج آنها با روش انجام شده در این پژوهش برای دست‌یابی به بهترین و دقیق‌ترین مدل محاسبه‌ی آلبیدو در مناطق خشک و بیابانی، استفاده از تصاویر سنجنده لندست ۸ به دلیل دارا بودن تفکیک مکانی مناسب، همچنین نصب آلبیدومتر برای صحت‌سنجی پیشنهاد می‌شود.

گیری از اثر هم‌زمان چند مؤلفه از جمله رطوبت لایه سطحی خاک، ابرناکی، توپوگرافی و پوشش گیاهی در ایران انجام شد (۱۳).

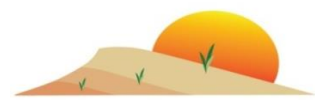
نتایج نشان داد که مناطق غرب و مرکز کشور دارای بیشترین و مناطق شمال و شمال‌غرب کشور دارای کمترین آلبیدو هستند. نتایج نشان داد که ارتباط تنگاتنگی بین عناصر اقلیمی و مقدار آلبیدو وجود دارد. نتایج برآورد آلبیدو به کمک تصاویر لندست ۸ برای نخستین بار در یک محدوده آبی منطقه نیمه‌خشک برزیل نشان داد که بین مقادیر آلبیدو در پلات‌های آبیاری شده، گیاهان آبی و گیاهان بومی اختلاف زیادی

■ References

- Allen, R.G., Trezza, R., & Tasumi, M. (2002). Surface energy balance algorithms for land: advance training and user's manual. Version 1.0.[SI]: Waters Consulting; University of Idaho; WaterWatch: Inc.
- Allen, R.G, Tasumi, M., & Trezza, R. (2007). Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC)—Model. *Irrigation and Drainage Engineering*, 133(4), 380-394.
- Bala, G., Caldeira, K., Wickett, M., Phillips, T.J., Lobell, D.B., Delire, C., & Mirin, A. (2007). Combined climate and carbon-cycle effects of large-scale deforestation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(16), 6550-6555.
- Baldinelli, G., Bonafoni, S., & Rotili, A. (2017). Albedo retrieval from multispectral Landsat 8 observation in Urban environment: algorithm validation by in situ measurements. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 10(10), 4504-4511.
- Bastiaanssen, Wim G.M., Menenti, M., Feddes, R.A., & Holtslag, A.A.M. (1998). A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). 1. Formulation. *Hydrology*, 212, 198-212.
- Bhanderi, D., & Thomas, B. (2005). *Modeling earth Albedo for satellites in earth orbit*. Paper presented at the AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit.
- Chander, G., & Markham, B. (2003). Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(11), 2674-2677.
- Chander, G., Markham, B.L., & Helder, D.L. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, 113(5), 893-903.
- Charney, J.G. (1975). Dynamics of deserts and drought in the Sahel. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 101(428), 193-202.

10. Da Silva, B. B., Lopes, G. M., & De Azevedo, P.V. (2005a). Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5-TM. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 20(2), 243-252.
11. Da Silva, B. B., Lopes, Glúcia M., & de Azevedo, P.V. (2005b). Determinação do Albedo de áreas irrigadas com base em imagens Landsat 5-TM. *Rev. Bras. Agrometeorologia*, 13(2), 11-21.
12. He, Tao., Liang, S., Wang, D., Cao, Y., Gao, F., Yu, Y., & Feng, M. (2018). Evaluating land surface Albedo estimation from Landsat MSS, TM, ETM+, and OLI data based on the unified direct estimation approach. *Remote Sensing of Environment*, 204, 181-196.
13. Hejazizadeh, Z., Bazmi, n., Rahimi, A., Toulabi Nejad, M., & Bosak, A. (2018). Modeling of spatio-temporal variations of albedo over Iran. *Applied researches in Geographical Sciences*, 17(47), 1-17 (In Farsi).
14. Henderson-Sellers, A, & Wilson, MF. (1983). Surface Albedo data for climatic modeling. *Reviews of Geophysics*, 21(8), 1743-1778.
15. Liang, S. (2001). Narrowband to broadband conversions of land surface Albedo I: Algorithms. *Remote sensing of environment*, 76(2), 213-238.
16. Mokhtari, M.H., Busu, I., Mokhtari, H., Zahedi, G., Sheikhattar, L., & Movahed, M.A. (2013). Neural Network and Multiple Linear Regression for Estimating Surface Albedo from ASTER Visible and Near-Infrared Spectral Bands. *Earth Interactions*, 17(3), 1-20.
17. Myhre, G., Govaerts, Y., Haywood, J. M., Berntsen, T. K., & Lattanzio, A. (2005). Radiative effect of surface Albedo change from biomass burning. *Geophysical Research Letters*, 32(20).
18. Qu, Y., Liang, S., Liu, Q., He, T., Liu, S., & Li, X. (2015). Mapping surface broadband Albedo from satellite observations: A review of literatures on algorithms and products. *Remote Sensing*, 7(1), 990-1020.
19. Ramaswamy, V, Boucher, O, Haigh, J, Hauglustine, D, Haywood, J, Myhre, G., Solomon, S. (2001). Radiative forcing of climate. *Climate change*, 349.
20. Sagan, C., Toon, O.B., & Pollack, J.B. (1979). Anthropogenic Albedo changes and the earth's climate. *Science*, 206(4425), 1363-1368.
21. Silva, B.B., & Bezerra, M.V.C. (2006). Determinação dos fluxos de calor sensível e latente na superfície utilizando imagens TM-Landsat 5. *Revista brasileira de agrometeorologia*, 14(2), 174-186.
22. Silva, B.B., Braga, A.C., Braga, C.C., Oliveira, L.M.M., Montenegro, S., & Barbosa J. (2016). Procedures for calculation of the Albedo with OLI-Landsat 8 images: Application to the Brazilian semi-arid. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(1), 3-8.
23. Tasumi, M., Allen, R.G., & Trezza, R. (2008). At-surface reflectance and Albedo from satellite for operational calculation of land surface energy balance. *Hydrologic Engineering*, 13(2), 51-63.
24. Wang, S., & Davidson, A. (2007). Impact of climate variations on surface Albedo of a temperate grassland. *Agricultural and Forest Meteorology*, 142(2-4), 133-142.
25. Wang, Z., Zeng, X., Barlage, M., Dickinson, R.E., Gao, F., & Schaaf, C.B. (2004). Using MODIS BRDF and Albedo data to evaluate global model land surface Albedo. *Hydrometeorology*, 5(1), 3-14.

26. Zhang, X., Liang, S., Wang, K., Li, L., & Gui, Sheng. (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.
27. Zhang, Y., & Liang, S. (2014). Surface radiative forcing of forest disturbances over northeastern China. *Environmental Research Letters*, 9(2), 024002.
28. Zhou, L., Dickinson, R.E., Tian, Y., Zeng, X., Dai, Y., Yang, Z.L, Strahler, A. (2003). Comparison of seasonal and spatial variations of Albedos from Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) and Common Land Model. *Geophysical Research: Atmospheres*, 108(D15).
29. Zare Ernani, M. (2009). Biophysical assessment of desertification in the Yazd-Ardakan basin, Iran. Ghent University. Faculty of Bioscience Engineering, Ghent, Belgium.



Estimating of Surface Albedo in Geomorphological Facies of Desert Regions of the Yazd-Ardakan Plain Using Landsat 8 Data

S. Pouyan¹, M. Zare^{2*}, M. R. Ekhtesasi³, M. H. Mokhtari²

1. Ph.D. Candidate, Combating of Desertification, Faculty of Natural Resources and Eremology, Yazd University, Yazd, Iran.
 2. Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Eremology, Yazd University, Yazd, Iran.
 3. Professor, Faculty of Natural Resources and Eremology, Yazd University, Yazd, Iran.
- * Corresponding Author: mzernani@yazd.ac.ir

Received date: 19/06/2018

Accepted date: 24/09/2018

Abstract

Surface albedo is one of the key controlling geophysical parameters in surface energy budget research and environmental and climate studies. As an efficient tool for monitoring earth surfaces, remote sensing is widely used for estimating albedo over recent decades and various algorithms of satellite data have been developed to estimate albedo. Up to now, albedo has been estimated using different types of sensors. This study presents procedures for computing of albedo using OLI sensor Landsat 8 data in different geomorphology facies, arable soil and asphalt in the Yazd- Ardakan Plain. In this way, required data from each nine images metadata of Landsat 8 were extracted for summer and autumn, 2017 and then albedo was calculated using meteorological data. Results showed that there is a difference between values of albedo in different geomorphology facies. Surface albedo average of clay land, pavement, sand dune, bare land, sand sheet, arable land and asphalt are 0.30, 0.22, 0.24, 0.26, 0.24, 0.23 and 0.24, respectively. The highest calculated albedo is related to clay land, while the lowest is observed in desert pavement facies.

Keywords: Clay land; Remote sensing; Desert pavement; Yazd