

استفاده از ضریب آلبیدوی سطحی مستخرج از الگوریتم سبال به منظور برآورد سطح پوشش برف (مطالعه موردی: حوضه آبخیز کشکان)

حسین یوسفی^۱، آرمان کیانی^۲، علی حقی زاده^{۳*}، یزدان یاراحمدی^۴

۱. دانشیار، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ملایر

۳. دانشیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان

۴. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی اکوهیدرولوژی، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۰۴/۰۱؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۶/۱۰/۱۲)

چکیده

بخش عظیمی از بارش در مناطق کوهستانی برف است، به همین دلیل پوشش برف و تغییرات زمانی و مکانی آن از پارامترهای اساسی در مطالعات هیدرولوژی به شمار می آید. پژوهش حاضر در حوضه کوهستانی چگنی که به وسعت ۱۸۳۶ کیلومترمربع از زیرحوضه دوآب کشکان واقع در شمال استان لرستان واقع است، انجام شد. به طوری که تصویر سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷ برای انجام مطالعات انتخاب و تصحیح خطوط جافتاده و هندسی روی آن انجام شد. با استفاده از الگوریتم سبال میزان آلبیدوی سطحی محاسبه شد. از آنجا که غیر از برف دو پدیده شن زرد و سفید و آب آلبیدوی بزرگتر از ۰/۳ دارند، نقشه پوشش برف برای آلبیدوهای $\alpha > 0/35$ ، $\alpha > 0/4$ ، $\alpha > 0/45$ ، $\alpha > 0/5$ و $\alpha > 0/55$ فراهم شد. برای استخراج پوشش برف با دقت کافی، با فرض مجهول بودن پوشش برف برای این آلبیدوها طبقه بندی نظارت نشده انجام شد. سپس، با اعمال طبقه بندی نظارت شده روی تصویر تصحیح شده ابتدایی، میزان پوشش برف برآورد شد و ضریب کاپا برای ارزیابی بین نتیجه به دست آمده از طبقه بندی نظارت شده و نتایج طبقه بندی نظارت نشده برای آلبیدوهای یاد شده انتخاب شد. نتایج نشان داد ضریب کاپا برای آلبیدوی $\alpha > 0/45$ بیشترین مقدار یعنی ۰/۸۵ را دارد، بنابراین آلبیدوی $\alpha > 0/45$ می تواند پوشش برف را تا حد قابل قبولی استخراج کند.

کلیدواژه‌گان: آلبیدو، الگوریتم سبال، برف، لرستان، لندست.

مقدمه

بخش عظیمی از بارش‌ها در مناطق کوهستانی به صورت برف است. در نتیجه، آب حاصل از ذوب برف تأثیر زیادی در ایجاد رواناب‌های سطحی، تغذیه آب‌های زیر زمینی و ایجاد سیل دارد [۱]. ذخیره برفی در بالادست کوه‌ها الگوی مناسب رواناب فصلی پایین‌دست را تحت تأثیر قرار می‌دهد به‌خصوص در مناطق با فصل تابستان خشک که در آن رواناب‌های حاصل از ذوب برف یخچال‌ها یک منبع اساسی برای تأمین آب هستند [۲]. پوشش برف و تغییرات زمانی آن از پارامترهای اساسی در مطالعات هیدرولوژیکی و اقلیم‌شناسی در مناطق با عرض جغرافیایی زیاد و متوسط است [۳]. سطح تحت پوشش برف با استفاده از تصاویر سنجش از دور به‌طور معناداری روند محاسبه و کارایی مدل‌های ذوب برف را بهبود می‌بخشد [۴]. اساس علم سنجش از دور بر ثبت بخشی از انرژی الکترومغناطیس منعکس شده از سطح جسم است که این انرژی بازتابی به عوامل متعددی از جمله خصوصیات فیزیکی جسم و زاویه تابش بستگی دارد و در اصطلاح آلبیدوی سطحی تعریف می‌شود [۵]. آلبیدو در لاتین به معنای سفید است که در واقع کسری از تابش ورودی است که به وسیله سطح انعکاس داده می‌شود [۶]. آلبیدو کارکرد بسیار مهمی در مطالعات تغییر اقلیم و مدل‌های سطح زمین دارد. این پارامترها مکانی و فصلی هستند و وابستگی زیادی به تغییرات درخشندگی خورشید، رشد گیاهان، و فعالیت‌های انسانی مانند کاشت و برداشت و سوزاندن و بریدن جنگل‌ها دارند [۷]. اندازه‌گیری آلبیدو به دو صورت زمینی و ماهواره‌ای امکان‌پذیر است [۸]. برای تعیین آلبیدوی اجسام روی سطح زمین در مقیاس وسیع و با در نظر گرفتن توپوگرافی‌های مختلف سطح زمین امکان اندازه‌گیری زمینی مقادیر آلبیدوی سطحی اجسام وجود ندارد، بنابراین به‌ناچار از روش‌های سنجش از دوری استفاده می‌شود [۹]. اندازه‌گیری و سنجش برف و شناخت تغییرات آن در حوضه‌های کوهستانی به دلیل دسترسی مناسب نداشتن، تنوع ویژگی‌های توپوگرافی و فیزیوگرافی در برآورد پارامترهای هیدرولوژیکی برف، کافی نبودن ایستگاه‌های هواشناسی در مناطق مرتفع ضرورت کاربرد روش‌های غیرمستقیم از جمله تحلیل داده‌های دورسنجی را نشان می‌دهد که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و کاربرد الگوریتم‌های موجود می‌توان سطوح پوشش برف را با دقت استخراج کرد [۱۰]. از عمده‌ترین روش‌های تهیه پوشش برفی، روش تفسیر چشمی یا روش

آستانه‌گذاری بر شدت روشنایی است که در این حالت بیشتر درجه روشنایی به برف نسبت داده می‌شود و دومین روش، روش‌های رقومی هستند که با ارقام طیفی هر پیکسل در تصاویر چندطیفی نقشه برف تهیه می‌شوند [۱۱]. وسعت پوشش برف در مناطق کوهستانی به علت تأمین مقدار درخور توجهی از آب این مناطق می‌تواند ارزیابی شود و برنامه‌ریزان بخش منابع آب از آن بهره‌گیرند تا یک مدیریت اصولی و صحیح را برای استفاده از این منابع آبی پیشنهاد کنند. برای برآورد سطح پوشش برف با استفاده از داده‌های سنجش از دور مطالعات گوناگونی انجام شده، اما تا به حال پژوهشی مشابه تحقیق حاضر در ایران انجام نشده است و بیشتر تحقیقات انجام‌شده درباره استخراج پوشش برف با استفاده از شاخص NDSI است و نیز تحقیقات آلبیدوی سطحی بیشتر در زمینه استخراج کاربری است که در ادامه به برخی از این پژوهش‌ها پرداخته شده است. میریعقوب‌زاده و همکارانش کاربرد نقشه‌های پوشش برفی استخراج‌شده با شاخص NDSI از تصاویر ماهواره مودیس در مدل‌سازی رواناب حاصل از ذوب برف را در حوضه آبخیز سد کرج بررسی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان می‌دهد شاخص پوشش برفی همراه با آستانه‌گذاری طیفی روی باند ۲ و ۴ رابطه پایدار در استخراج نقشه پوشش برف را ارائه می‌کند. همچنین، مقدار جریان شبیه‌سازی نشان‌دهنده دقت برآورد نقشه پوشش برفی است [۱۲]. سبزی‌پرور و همکارانش آلبیدوی سطحی را در یک منطقه زیر کشت در همدان با استفاده از تصاویر Level-G و CDR ماهواره لندست ۷ برآورد کردند. نتایج آماره تست فیشر اختلاف معناداری بین آلبیدوی تخمین زده‌شده از دو تصویر نام‌برده شده مشاهده نشد. بنابراین، می‌توان از هر دو بدون ارجحیت استفاده کرد [۸]. خیرخواه زرکش و محبوبیان برآورد آلبیدوی سطحی از تصاویر ماهواره لندست و مودیس را مقایسه کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد آلبیدوی سطحی برای هر دو سنجنده کمترین مقدار را در کاربری زراعت فعال نشان می‌دهد و بیشترین مقدار برای آلبیدوی سطحی مربوط به مسیل در تصاویر هر دو ماهواره است [۵]. هی در پژوهشی برای تخمین آلبیدوی سطحی به جای اینکه تصحیحات اتمسفری را انجام دهد و سپس تصاویر بازتابندگی و محصولات آلبیدو را مطابق روش مرسوم تولید کند، از تصاویر مودیس استفاده کرد و شرایط اتمسفری و توپوگرافی را هم‌زمان تخمین زد [۱۷]. اوپوکو و همکارانش کارایی سنجنده استر و مودیس برای برآورد تبخیر

این مناطق می‌تواند ارزیابی شود و برنامه‌ریزان بخش منابع آب از آن بهره بگیرند تا یک مدیریت اصولی و صحیح را برای استفاده از این منابع آبی پیشنهاد کنند. هدف از پژوهش حاضر، برآورد پوشش برفی با استفاده از ضریب آلبیدوی سطحی مستخرج از الگوریتم سبال در حوضه آبخیز چگنی است.

مواد و روش‌ها

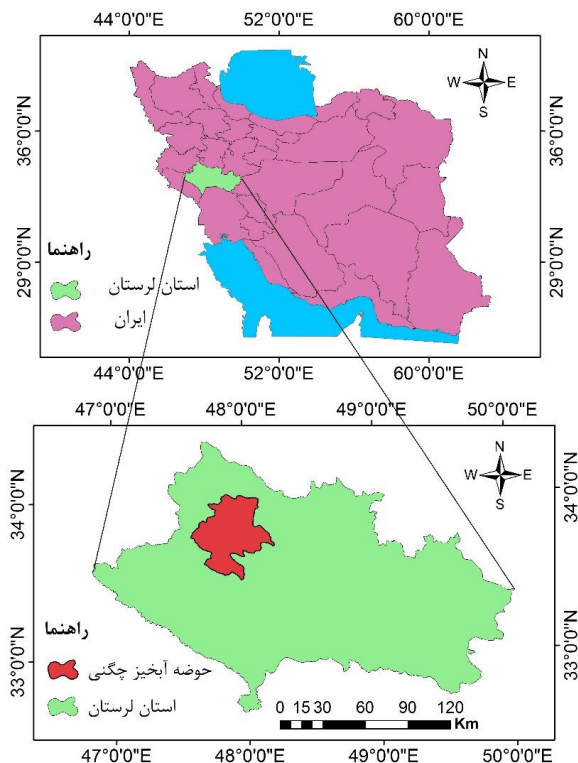
منطقه مطالعه شده

منطقه مطالعه شده در این پژوهش، یکی از زیرحوضه‌های دوآب کشکان به نام چگنی در شمال استان لرستان است که در موقعیت جغرافیایی $35^{\circ}27'36''$ تا $36^{\circ}38'13''$ طول شرقی و $29^{\circ}45'33''$ تا $34^{\circ}02'15''$ عرض شمالی قرار دارد. حوضه آبخیز چگنی منطقه‌ای کوهستانی به وسعت ۱۸۳۶ کیلومتر مربع که میانگین بارش $357/6$ میلی‌متر در سال را دارد و تحت تأثیر بارش‌های مدیترانه‌ای است و بیشترین نزولات جوی آن در ماه‌های دی، بهمن، اسفند و فروردین اتفاق می‌افتد. میانگین دمای سالانه منطقه 13 درجه سانتی‌گراد است. کمترین ارتفاع، بیشترین ارتفاع و میانگین ارتفاع منطقه به ترتیب 978 ، 2643 و 1960 متر از سطح دریاست. از آنجا که در بسیاری از موارد آب قابل دسترس برای مصارف شرب و کشاورزی در بسیاری از حوضه‌های کشور ناشی از برف است، آگاهی از سطح برف در حوضه کشور از اساسی‌ترین نیاز مدیران در حیطه منابع آب به شمار می‌رود. شکل ۱ موقعیت منطقه مطالعه شده در ایران و استان لرستان را نشان می‌دهد.

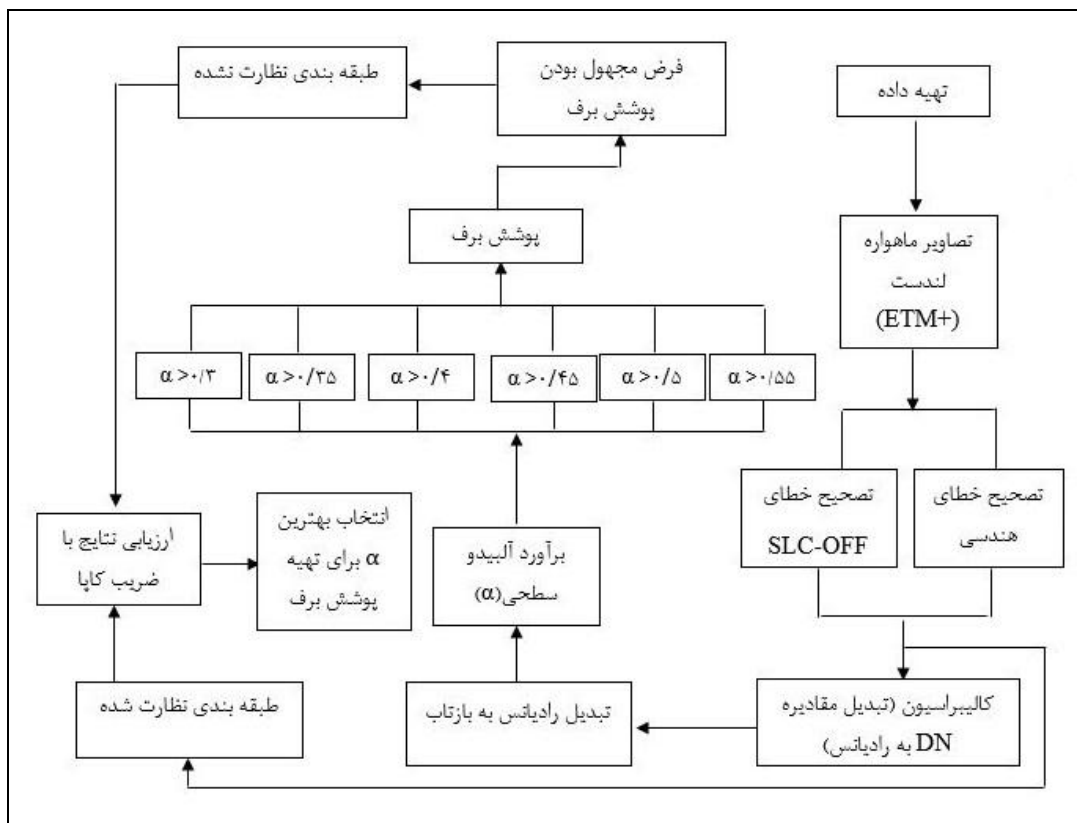
مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق یک تصویر از سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷ مصادف با ۳۰ بهمن ۱۳۹۴ از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا اخذ و دو نرم‌افزار ENVI 5.3 و ArcGIS 10.2 برای انجام محاسبات مربوط به این تحقیق انتخاب و آلبیدوی سطحی برای منطقه مطالعه شده با استفاده از روش موجود در الگوریتم سبال برآورد شده و سپس نقشه آلبیدوهای مختلف برای منطقه فراهم می‌شود. سپس، نتایج به‌دست‌آمده از نقشه با آلبیدوهای با استفاده از ضریب کاپا با طبقه‌بندی نظارت‌شده پوشش برفی ارزیابی می‌شود تا مشخص شود کدام آلبیدو می‌تواند بیان‌کننده دقت برآورد پوشش برفی در منطقه باشد. شماتیکی از روند مطالعاتی در شکل ۲ آورده شده است.

و تعلق در منطقه ساوانا واقع در غرب آفریقا را بررسی کردند. در این پژوهش آلبیدوی سطحی با استفاده از تصاویر این دو سنجنده تعیین شد. نتایج پژوهش آنها نشان داد هر دو سنجنده قابلیت‌های خوبی در برآورد آلبیدوی سطحی برای تعیین تبخیر و تعلق دارند [۱۳]. تاسومی و همکارانش روش سریع و عملی را برای محاسبه آلبیدوی سطحی از تصاویر لندست و مودیس برای شرایط مختلف اتمسفری ارائه کردند. آنها برای ارزیابی آلبیدوی به‌دست‌آمده با روش نوین آن را با محصول Mod09 و Mod43 مودیس مقایسه کرده‌اند و به خطای $\pm 0/035$ دست یافتند [۱۴]. هال و همکارانش با استفاده از آستانه‌گذاری طیفی بین باندهای انعکاسی و مادون قرمز با قدرت تفکیک مکانی 500 متر و همچنین نسبت‌گیری طیفی میان باندهای یادشده برف و ابر را در سنجنده مودیس جداسازی کردند [۱۵]. باک و همکارانش مدل آلبیدوی زمین را برای ماهواره‌های زمین ارائه کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد مقدار آلبیدو بسیار وابسته به زاویه خورشید و زاویه دید است و همچنین طول جغرافیایی که ماهواره در آن قرار دارد و مدل‌های ارائه‌شده برای آن کارکرد معناداری در برآورد آن دارند [۱۶]. ویلکی و همکارانش در پژوهشی تغییرات ضریب آلبیدوی زمین را که به وسیله ماهواره‌ها اندازه‌گیری شده بود را بررسی کردند. آنها پی بردند که طی چهار سال میزان آلبیدو شش درصد افزایش یافته است [۱۷]. ناگلر و همکارانش در تحقیقی از تصاویر انعکاسی و تصاویر رادار Envisat ASAR به منظور حذف خطاهای ایجادشده در دوره‌های طولانی استفاده کردند و به این وسیله نقشه پوشش برف را برای تخمین رواناب حاصل از ذوب برف در حوضه اوتزال استرالیا تهیه کردند [۱۸]. مالگ و همکارانش در پژوهشی مطالعه‌ای را در مناطق کوهستانی ایتالیا انجام دادند و پوشش برف چندزمانه مودیس در مناطق ارتفاع زیاد را بررسی و کنترل کردند. در این مطالعه پوشش برف به‌دست‌آمده طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۸ را ارزیابی کردند. در نهایت، نقشه‌های خروجی از ترکیب نقشه‌های پوشش برفی آکوا و ترا را به دست آوردند و به این وسیله پیکسل‌های ابری و بدون مقدار را کاهش دادند. در این مطالعه از نقشه‌های پوشش برف به‌دست‌آمده از تصاویر سنجنده ETM+ ماهواره لندست به منظور اعتبارسنجی نتایج استفاده شد که نتایج، بهبود طبقه‌بندی به وسیله ترکیب تصاویر آکوا و ترا را تأیید کرد [۱۹]. وسعت پوشش برف در مناطق کوهستانی به علت تأمین مقدار درخور توجهی از آب



شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعه شده



شکل ۲. شماتیکی از روند مطالعاتی

$$L_{\lambda} = \left(\frac{LMAX - LMIN}{255} \right) \times DN \times LMIN \quad (1)$$

L_{λ} مقدار رادیانس شده بر حسب وات بر مترمربع در استرادیان در میکرومتر، LMAX و LMIN مقادیر ثابت واسنجی که از جدول ۱ برای باندهای مختلف سنجنده ETM+ به دست می‌آیند و واحد آنها وات بر مترمربع در استرادیان در میکرومتر و DN درجهٔ روشنایی پیکسل تصویر ماهواره‌ای است.

از رادیانس محاسبه‌شده می‌توان مقدار بازتاب را به صورت رابطهٔ ۲ به دست آورد:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi L_{\lambda}}{ESUN_{\lambda} \cdot \cos \theta \cdot d_r} \quad (2)$$

ρ_{λ} مقدار انعکاس، π عدد دایره برابر ۳/۱۴، L_{λ} مقدار رادیانس محاسبه‌شده در رابطهٔ ۱، $ESUN_{\lambda}$ که مقدار تابش فرودی خورشید در بالای اتمسفر است که واحد آن وات بر مترمربع در میکرومتر است و از جدول ۲ به دست می‌آید. θ : زاویهٔ تابش خورشید بر حسب رادیان و d_r که معکوس فاصلهٔ نسبی بین زمین و خورشید که بی‌بعد است.

در تاریخ ۱۰ خرداد ۱۳۸۲ دستگاه اسکن اصلاح خطوط ماهوارهٔ لندست ۷ از کار افتاد، به همین دلیل بعد از این تاریخ هر تصویر ماهوارهٔ لندست حدود ۲۲ درصد از اطلاعات تصویر خورد را از دست داد. بنابراین، کاربر برای اینکه بتواند از این تصویر استفاده کند، باید مقادیر پیکسلی خطوط جاافتاده را پر و بازسازی کند. تصویر به‌کاررفته در این پژوهش از معمول‌ترین روش که جایگزینی مقادیر پیکسل همسایه در خط قبلی یا بعدی با پیکسل‌های جا افتاده است، استفاده شد. حسن مهم آن این است که ارقام جدید تولید نکرده بلکه از درجات خاکستری موجود در تصویر کمک می‌گیرد [۲۰].
تصحیحات هندسی برای تصویر مد نظر با استفاده از ۱۸ نقطهٔ کنترل زمینی با خطای کمتر از ۰/۲۳ انجام پذیرفت. سپس، باید تصویر مد نظر واسنجی شود که در واقع واسنجی شامل تبدیل درجات خاکستری به رادیانس است و کالیبراسیون داخلی سنجنده است که در دستهٔ تصحیحات رادیومتریک قرار می‌گیرد و معادلهٔ آن به صورت رابطهٔ ۱ نوشته می‌شود:

جدول ۱. مقادیر مربوط به LMAX و LMIN ماهوارهٔ Landsat 7

شماره باند	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7	Band8
LMAX	۲۹۳/۷	۳۰۰/۹	۲۳۴/۴	۲۴۱/۱	۴۷/۵۷	۱۷/۰۴	۱۶/۵۴	۲۴۳/۱
LMIN	-۶/۲	-۶/۴	-۵	-۵/۱	-۱	۰	-۰/۳۵	-۴/۷

جدول ۲. مقادیر مربوط به $ESUN_{\lambda}$ ماهوارهٔ Landsat 7

شماره باند	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7
$ESUN_{\lambda}$	۱۹۶۹	۱۸۴۰	۱۵۵۱	۱۰۴۴	۲۲۵/۷	-	۸۲/۰۷

که در رابطهٔ (۴) α آلبیدوی سطحی، α_{top} آلبیدوی سطحی بالای جو $\alpha_{path-radiance}$ آلبیدوی معادل تابش مسیر و τ_{sw} ضریب شفافیت اتمسفری و بی‌بعد است.
 α_{top} آلبیدوی سطحی بالای جو از طریق رابطهٔ ۵ چنین تعیین می‌شود:

$$\alpha_{top} = \sum_{\lambda=1}^{\gamma} (\omega_{\lambda} \cdot \rho_{\lambda}) \quad (5)$$

ρ_{λ} مقادیر انعکاس هر باند و ω_{λ} ضرایب وزنی برای هر باند است که مجموعهٔ همهٔ آنها برای تمامی باندهای سنجنده برابر یک است و مقادیر آن در جدول ۳ آمده است.

d_r که معکوس فاصلهٔ نسبی بین زمین و خورشید نیز از طریق رابطهٔ ۳ محاسبه می‌شود:

$$d_r = 1 / (0.033 \times \cos(\frac{DOY - 2\pi}{365})) \quad (3)$$

DOY شمارهٔ روز ژولینی از ابتدای سال میلادی است و واحد داخل پرانتز بر حسب رادیان است.

بعد از محاسبهٔ رادیانس و بازتاب هر باند باید آلبیدوی سطحی را با تصحیح آلبیدوی سطحی بالای جو برای آثار ناشی از اتمسفر بر مبنای رابطهٔ ۴ برآورد کرد:

$$\alpha = \frac{\alpha_{top} - \alpha_{path-radiance}}{\tau_{sw}^2} \quad (4)$$

جدول ۳. مقادیر مربوط به ω_{λ} ماهواره Landsat 7

شماره باند	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7
ω_{λ}	۰/۲۹۳	۰/۲۷۴	۰/۲۳۱	۰/۱۵۶	۰/۰۳۴	-	۰/۰۱۲

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i+}^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_{i+}^r X_{i+} X_{+i}} \quad (7)$$

که در آن N تعداد کل پیکسل‌های واقعیت زمینی، X_{i+} مجموع عناصر سطر i ام و X_{+i} مجموع عناصر ستون i ام هستند [۲۰]. بنابراین، ضریب کاپا ناشی از طبقه‌بندی نظارت‌شده و طبقه‌بندی نظارت‌نشده در این پژوهش به عنوان معیار ارزیابی قرار می‌گیرد.

بحث و نتایج

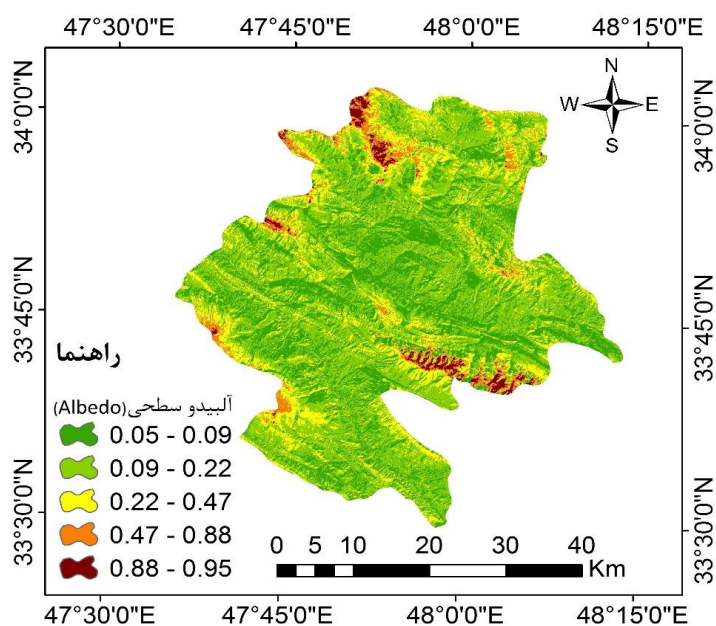
محاسبه آلبیدوی سطحی برای سنجنده ETM+ ماهواره لندست انجام شد که نقشه آلبیدوی سطحی و پراکنش آن در حوضه آبخیز چگنی در شکل ۳ نشان داده شده است که کمترین و بیشترین و میانگین آلبیدو به ترتیب برابر ۰/۰۵، ۰/۹۵ و ۰/۱۲ است. به طوری که کمترین مقدار آلبیدو بیان کنند سطوح ناصاف و بیشترین میزان آلبیدو برای سطوح صاف بیان می‌شود که بازتاب زیادی دارند.

$\alpha_{\text{path-radiance}}$ آلبیدوی معادل تابش مسیر است که مقدار آن بین ۰/۰۲۵ تا ۰/۰۴ متغیر است. در الگوریتم سبال مقدار ۰/۰۳ پیشنهاد داده شده است. دیگر پارامتری که در محاسبه میزان آلبیدو دخیل است τ_{sw} که از رابطه ۶ برآورد می‌شود:

$$\tau_{sw} = 0.75 + 2 \times 10^{-5} \times Z \quad (6)$$

Z در رابطه ۶ ارتفاع برحسب متر است.

از آنجا که دقت در برآورد میزان پوشش برف اهمیت خاصی دارد، بنابراین یکی از پارامترهای دقت که از ماتریس خطا استخراج می‌شود، ضریب کاپاست. ضریب کاپا دقت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند، به این معنا که مقدار کاپا دقت طبقه‌بندی را نسبت به حالتی که یک تصویر کاملاً به صورت تصادفی طبقه‌بندی شود، به دست می‌دهد. این کار را می‌توان به این صورت معنا کرد که پس از حذف تأثیر شانس در طبقه‌بندی مقدار تطابق با واقعیت زمینی محاسبه خواهد شد از معروف‌ترین برآوردهای کاپا با استفاده از عناصر ماتریس خطا، که به صورت رابطه ۷ است، عبارت است از:



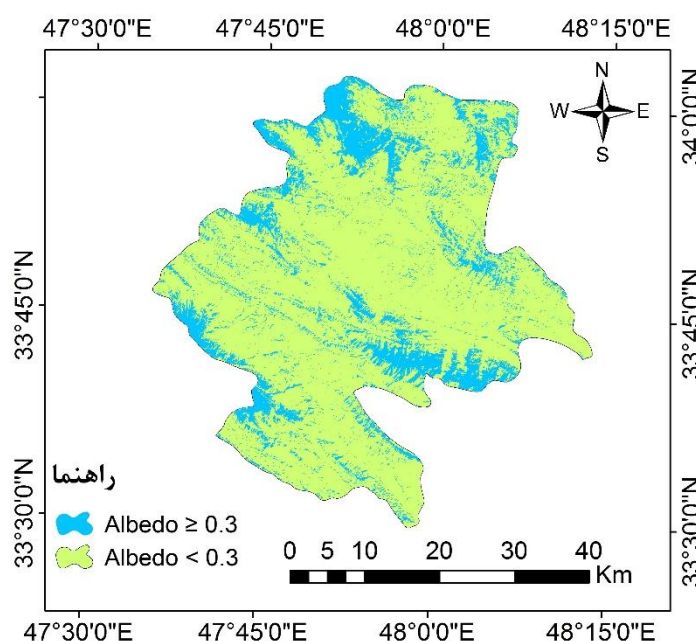
شکل ۳. نقشه پراکنش آلبیدوی سطحی حوضه در عوارض محیطی مختلف

بنابراین، باید معیاری عددی را به کار برد که میزان آلبیدوی قابل قبولی را ارائه کند تا با استفاده از آن آلبیدو بتوان برف را با دقت بالا استخراج کرد برای این کار نقشه مربوط به آلبیدوهای $\alpha > 0.3$ ، $\alpha > 0.35$ ، $\alpha > 0.4$ ، $\alpha > 0.45$ و $\alpha > 0.5$ به صورت شکل‌های ۴-۹ فراهم شد و با فرض ندانستن پوشش برفی برای شش نقشه تولیدشده در آلبیدوهای مختلف، از طبقه‌بندی نظارت‌نشده، به طبقه‌بندی نقشه‌های یادشده اقدام شد.

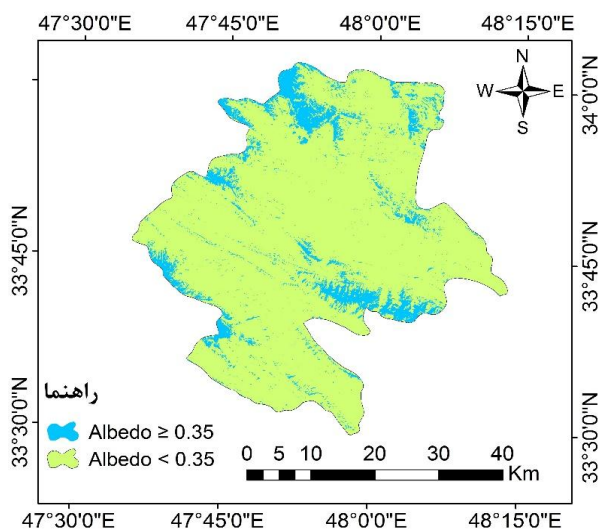
از آنجا که هدف از این پژوهش برآورد پوشش برفی است و شکل ۳ فقط آلبیدو را در عوارض مختلف نشان می‌دهد، باید معیاری را برای استخراج پوشش برفی به کار بست که برای این کار جدول ۴ به عنوان معیار استخراج پوشش برف در نظر گرفته شده است، اما اشکال اصلی جدول ۴ چنین است که آلبیدوهای بیش از 0.3 در این جدول می‌تواند نشان‌دهنده برف، شن زرد و سفید و آب باشد، بنابراین در برآورد پوشش برف سبب بروز خطا می‌شود.

جدول ۴. آلبیدوی برآوردشده بر حسب مطالعات صحرایی

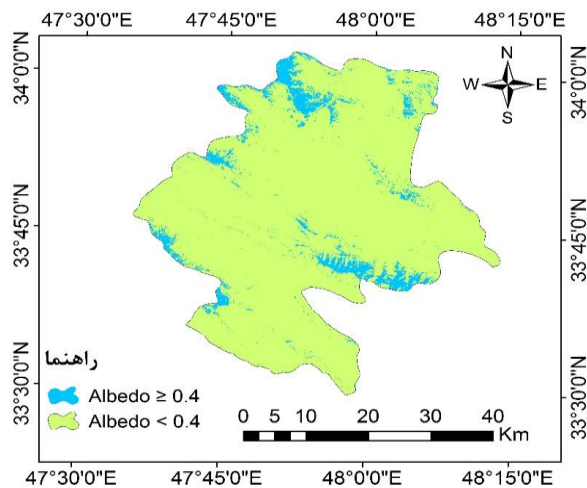
مقدار آلبیدو	نوع سطح
۰/۸ - ۰/۸۵	برف تازه
۰/۷ - ۰/۳	برف قدیمی و یخ
۰/۱۴ - ۰/۰۸	خاک سیاه
۰/۲۳ - ۰/۱۶	رس
۰/۴ - ۰/۳۴	شن زرد و سفید
۰/۲۳ - ۰/۱۶	شن خاکستری و سفید
۰/۲۳ - ۰/۱۷	مزارع برنج
۰/۲۵ - ۰/۱۵	چمن‌زار و چراگاه
۰/۲۲ - ۰/۱۴	مزارع ذرت
۰/۱۵ - ۰/۱	جنگل‌های مخروطی
۰/۲ - ۰/۱۵	جنگل‌های خزان‌کننده
۰/۳۴۸ - ۰/۰۲۵	آب (بسته به زاویه ارتفاع خورشید)



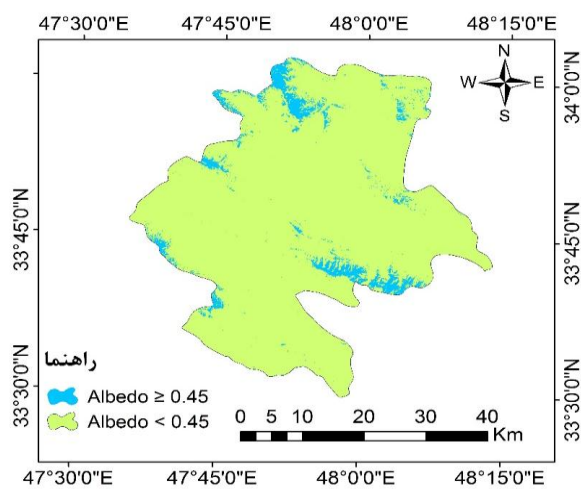
شکل ۴. نقشه پراکنش آلبیدوی سطحی بزرگ‌تر از 0.3



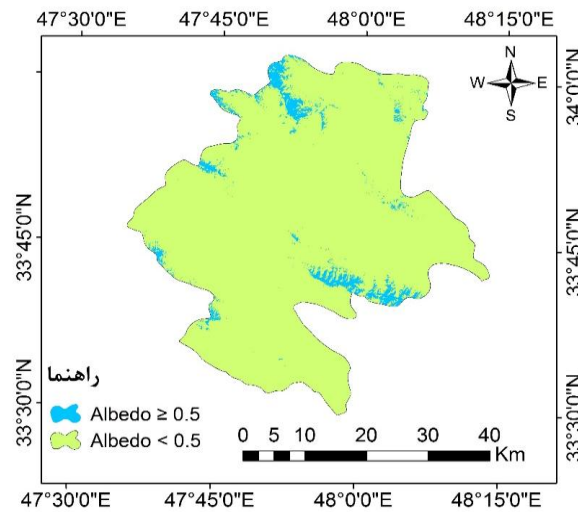
شکل ۵. نقشه پراکنش آلبیدوی سطحی بزرگ تر از ۰/۳۵



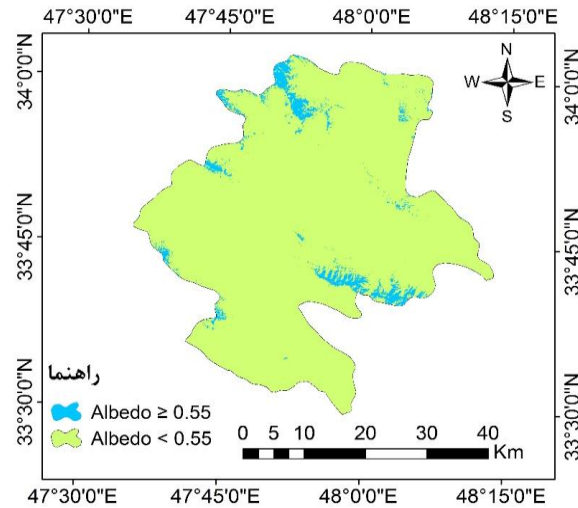
شکل ۶. نقشه پراکنش آلبیدوی سطحی بزرگ تر از ۰/۴



شکل ۷. نقشه پراکنش آلبیدوی سطحی بزرگ تر از ۰/۴۵



شکل ۸. نقشه پراکنش آلبیدوی سطحی بزرگ‌تر از ۰/۵



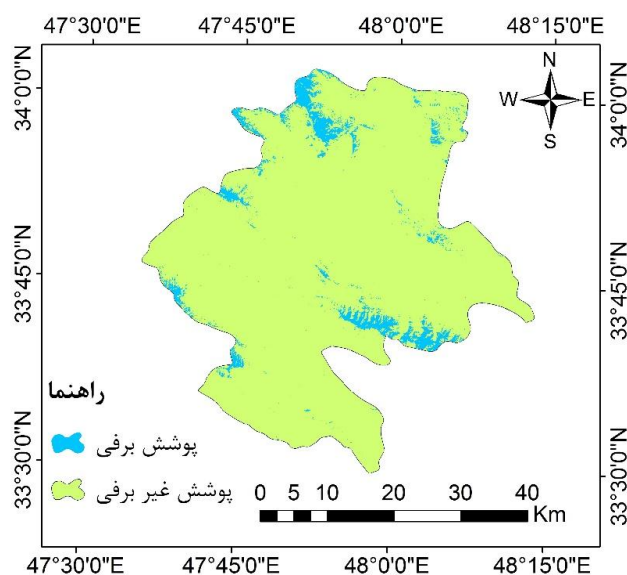
شکل ۹. نقشه پراکنش آلبیدوی سطحی بزرگ‌تر از ۰/۵۵

میزان ضریب کاپا برای نقشه‌ای با آلبیدوی بزرگ‌تر ۰/۴۵ است پس آلبیدوی یادشده به عنوان معیار استخراج دقیق‌تری از پوشش در نظر گرفته می‌شود که نقشه پوشش برف برای این آلبیدو در شکل ۱۰ آورده شده است و مساحت پوشش برفی به مساحت ۴۲/۲ کیلومترمربع برای آن تخمین زده می‌شود.

سپس، با استفاده از طبقه‌بندی نظارت‌شده پوشش برفی استخراج و از طریق ضریب کاپا بهترین ضریب برای شش نقشه طبقه‌بندی نظارت‌نشده (آلبیدوهای $\alpha > 0.3$ ، $\alpha > 0.35$ ، $\alpha > 0.4$ ، $\alpha > 0.45$ ، $\alpha > 0.5$ و $\alpha > 0.55$) و نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده به صورت جدول ۵ مشخص شد. از آنجا که هر چه ضریب کاپا کمتر باشد، برآورد ما از پوشش برفی دقیق‌تر است با توجه به جدول بالا، کمترین

جدول ۵. ضریب کاپای محاسبه‌شده

نوع طبقه‌بندی	نظارت‌نشده					
	$\alpha > 0.3$	$\alpha > 0.35$	$\alpha > 0.4$	$\alpha > 0.45$	$\alpha > 0.5$	$\alpha > 0.55$
نظارت‌شده	۰/۳	۰/۵۸	۰/۸	۰/۸۵	۰/۸۲	۰/۷۶



شکل ۱۰. نقشه پوشش برف استخراج شده با استفاده از آلبیدوی سطحی

اقدام به استخراج پوشش برف برای مطالعات منابع آب، تغییر اقلیم، گردشگری و غیره کرد.

منابع

- [1]. Fattahi E VM. Estimating the temperature of the snow surface and spread snow cover using the MODIS. Geogr Res. 2011;26(3):149–68. [Persian]
- [2]. Ye B, Yang D, Jiao K, Han T, Jin Z, Yang H, et al. The Urumqi River source glacier No. 1, Tianshan, China: changes over the past 45 years. Geophys Res Lett. 2005;32(21).
- [3]. Zhang Y, Yan S, Lu Y. Snow cover monitoring using MODIS data in Liaoning Province, Northeastern China. Remote Sens. 2010;2(3):777–93.
- [4]. Singh P, Jain SK. Modelling of streamflow and its components for a large Himalayan basin with predominant snowmelt yields. Hydrol Sci J. 2003;48(2):257–76.
- [5]. Kheirkhah Zarkesh MM, Mahaboubian A HH. Comparison of surface albedo estimated from landsat and MODIS image, Journal of Applied RS&GIS Techniques. Tech Nat Resour Sci. 2012;3(3):49–59. [Persian]
- [6]. Coakley JA. Reflectance and albedo, surface. Encyclopedia of the Atmosphere. Academic; 2003. p. 1914–23.
- [7]. He T. Estimating land surface albedo from satellite data. University of Maryland, College Park; 2012.

نتیجه گیری

به دلیل اینکه هر پدیده در طبیعت در حالت عادی آلبیدوی مخصوص به خود را دارد، بنابراین برای کشف و آشکار کردن پدیده‌های محیطی میزان آلبیدوی آن شیء و پدیده را مشخص کرد. محاسبه آلبیدوی سطحی به وجود باندهای مادون قرمز و مرئی نیاز دارد. از آنجا که تصاویر ماهواره لندست این باندها را دارد و از نظر قدرت تفکیک مکانی در حد قابل قبولی است، می‌توان از تصاویر این ماهواره برای برآورد آلبیدوی سطحی استفاده کرد. به دلیل اینکه آلبیدوی سطحی به عوامل متعددی چون زاویه ارتفاع خورشید، روز، آلبیدوی تابش مسیر، ضریب شفافیت مسیر و غیره وابسته است و پارامترهای متعدد و متنوعی در برآورد آن دخیل‌اند، بنابراین دقت برآورد آلبیدو و به دنبال آن استخراج پوشش برف قابل قبولی دارد. به دلیل اینکه امکان برف‌سنجی به علت عواملی همچون صعب‌العبور بودن مناطق، و نامساعد بودن عوامل آب و هوایی در مناطق پوشیده از برف وجود ندارد از طریق برآورد آلبیدوی سطحی و به دنبال آن اقدام به برآورد سطح پوشش برف کرد، اما به شرطی که دقت برآورد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای دیگر، مناطق کوهستانی با وسعت‌های مختلف و در مناطقی که ایستگاه‌های برف‌سنجی دارند، ارزیابی شود تا بتوان با اطمینان بیشتر

- [8]. sabziparvar AA, Fakharizadeh shirazi E, Marofi S RY. Estimating the land surface albedo using Levell-G and CDR Landsat-7 satellite. *Agric Meteorol.* 2015;3(2):45–54.[Persian]
- [9]. Liang S. Narrowband to broadband conversions of land surface albedo I: Algorithms. *Remote Sens Environ.* 2001;76(2):213–38 .
- [10]. J P. Snow melt runoff distribution models using data from remote sensing. Ph.d Thesis.science and Research Branch Islamic Azad University of Tehran. science and Research Branch Islamic Azad University of Tehran; 2002 .
- [11]. M JN. Snow cover mapping using NOAA satellite images,Case Study:Karaj Dam Basin. Master's thesis Tarbiat Modarres University of Tehran. Master's thesis Tarbiat Modarres University of Tehran; 2005 .
- [12]. Miryaghoubzadeh M GM. Application of snow cover maps obtained from Modis satellite image dut to snowmelt runoff modeling case Study: Karaj dam basin. *Geosci Soientific Q J.* 2010;19(76):141–8.[Persian]
- [13]. Opoku-Duah S, Donoghue DNM, Burt TP. Intercomparison of evapotranspiration over the Savannah Volta Basin in West Africa using remote sensing data. *Sensors.* 2008;8(4):2736–61 .
- [14]. Tasumi M, Allen RG, Trezza R. At-surface reflectance and albedo from satellite for operational calculation of land surface energy balance. *J Hydrol Eng.* 2008;13(2):51–63 .
- [15]. Hall DK, Riggs GA, Salomonson V V, DiGirolamo NE, Bayr KJ. MODIS snow-cover products. *Remote Sens Environ.* 2002;83(1):181–94 .
- [16]. Bhanderi DD V, Bak T. Modeling earth albedo for satellites in earth orbit. *AIAA Guid Navig Control Proc.* 2005.
- [17]. Wielicki BA, Wong T, Loeb N, Minnis P, Priestley K, Kandel R. Changes in Earth's albedo measured by satellite. *Science (80-).* 2005;308(5723):825 .
- [18]. Nagler T, Rott H, Malcher P, Müller F. Assimilation of meteorological and remote sensing data for snowmelt runoff forecasting. *Remote Sens Environ.* 2008;112(4):1408–20 .
- [19]. Mölg N, Rastner P, Irsara L, Notarnicola C, Steurer C, Zebisch M. Multi-temporal MODIS snow cover monitoring over the alpine regions for civil protection applications. In: 30th EARSel symposium, 31st May--3rd June. 2010 .
- [20]. Fatemi SB R y. Principles of Remote sensing. azadeh. azdadeh; 2010.[Persain]