معرفی روشی نوین مبتنی بر حد آستانه گذاری جهت تشخیص ابر و سایه آن در تصاویر ماهواره لندست∧

حديثه بابائي'، ميلاد جانعلي پور'، ناديا عباس زاده طهراني'*

^۱ کارشناس پژوهشی، پژوهشگاه هوافضا، وزارت علوم تحقیقات و فناوری ^۲ استادیار، پژوهشگاه هوافضا، وزارت علوم تحقیقات و فناوری

تاريخ دريافت:۹۲/۱۱/۱۴ ، تاريخ پذيرش: ۹۸/۰۲/۱۵

📰 چکیدہ

وجود پوشش ابر و سایه آن، مسئله ای فراگیر و غیرقابل اجتناب در تصاویر اپتیکی ماهواره های مختلف است که سبب عدم مشاهده درست مناطق زمینی می شود. ایجاد الگوریتم های دقیق و مناسب برای تشخیص ابر و سایه آن در این نوع تصاویر که طیف بسیار وسیعی از داده های سنجش ازدوری را تشکیل می دهند، امری بسیار ضروری است. از جمله تصاویر ماهواره ای که به دلیل دسترسی راحت و رایگان، قدرت تفکیک مناسب، تنوع باندی و دید وسیع تصاویر آن، در مطالعات مختلف به ولی دسترسی راحت و رایگان، قدرت تفکیک مناسب، تنوع باندی و دید وسیع تصاویر آن، ای لندست ۸ قبل از انجام هر پردازشی اولویت دارد زیرا اهداف زمینی در روز های ابری قابل مشاهده نیستند. از این رو، در این تحقیق با استفاده از روش درخت تصمیم گیری مبتنی بر حد آستانه گذاری و با استفاده از دو باند جدید، که این ماهواره نسبت به ماهواره های قبلی لندست در اختیار کاربران قرار داده است، ابر و سایه آن شناسایی شد. روش پیشنهادی برروی ۵ تصویر از سه منطقه مختلف با درصد ابر کم تا زیاد پیاده سازی شد. براساس نتایج بدست آمده، روش پیشنهادی علی رغم سادگی با صحت کلی بالاتر از ۹۸ درصد توانایی شناسایی ابر و سایه آن را دارد.

📃 كلمات كليدى: تشخيص ابر و سايه ابر، حد آستانه گذارى، سنجش از دور ، لندست ۸

1144

* پست الكترونيكي نويسنده مسئول مكاتبه: EMAIL

وجودابر در تصاوير ماهوارهاى بامحدوده هاى باندى مختلف اعم از مرئی، مادونقرمز، حرارتی و غیره که از نقاط مختلف زمین جمع آوری می شوندامری طبیعی و اجتناب ناپذیر است. وجود ابرها و سایه آن ها در تصاویر ماهواره ای، کیفیت داده های سنجش از دوری را تحت تأثیر قرار می دهد (ژو و همکاران، ۲۰۱۹ و سانو و همکاران ۲۰۰۷) که سبب بروز مشکلات مختلف اعم از عدم دریافت بازتاب توسط سنجنده از قسمت های زیر ابر، بازتاب های بسیار بالااز پیکسل های ابر و نیز بازتاب های پایین و غیرواقعی از پیکسل های سایه ابر خواهد شد. وجود ابر در تصاویر ماهواره ای در صورتی که هدف پایش اهداف زمین باشد عاملی مخرب و اخلال گر است (باید توجه داشت در مطالعه جو، زمین عامل مخرب خواهد بود). به طور کلی، وجود ابر استفاده از تصاویر ماهواره ای اپتیکی برای پایش سطح زمین را محدود نموده و تحلیل این تصاویر را با مشکل مواجه می کند. شناسایی مؤثر ابرها و سایه های آن ها برای تحلیل تصاویر ماهواره ای و انجام پردازش های سطوح بالاتر بسیار مهم است (سانو و همكاران، ۲۰۰۷). براساس منابع، ابرها به سه دسته ارتفاع بالا (۵ تا ۱۳ کیلومتر)، ارتفاع متوسط (۲ تا ۷ کیلومتر) و ارتفاع پایین (۰ تا ۲ کیلومتر) دسته بندی می شوند (ژو و همکاران، ۲۰۱۹). به منظور شناسایی انواع ابر ها با استفاده از تصاویر سنجش از دور روش های مختلفی براساس ذات و رفتار ابرها تعریف شده است. ابرهای با ارتفاع بالا معمولاً دارای دمای پایین تر از اشیاء سطح زمین هستند. از این رو باندهای حرارتی برای شناسایی آن ها مناسب هستند. توان تفکیک مکانی پایین باندهای حرارتی یکی از عوامل محدود کننده در شناسایی این نوع ابرها است. همچنین ابرهای متوسط و پایین معمولاً در تصاویر سنجش از دور روشن دیده می شوند. این موضوع نشان دهنده بازتابندگی بالا ابرها در باندهای با طول موج مرئی تا مادون قرمز نزدیک است. از این رو، برخی مقالات از بازتابندگی ثبت شده برای شناسایی ابرها استفاده کرده اند (گودمن و هرناندز –سلر ۱۹۸۸، استفانز و کومروف ۲۰۰۷).

تاکنون الگوریتم های مختلفی برای تشخیص ابر و سایه آن در تصاویر ماهواره ای ارائه شده است که در اغلب موارد دقت نتایج بهدست آمده از این الگوریتم ها در مناطق مختلف، متفاوت بوده است. بر اساس داده ها در طول موجهای مختلف،

روش های تشخیص ابر را می توان به سه دسته کلی تقسیم نمود: ۱) روش آستانه گذاری'، ۲) روش انتقال تابش و ۳) روش مبتنی بر شیء^۳ (سان و همکاران، ۲۰۱۸). در روش های مبتنى بر اشياء، ابتدا با استفاده از روش هاى قطعه بندى قطعات تصویر تولید می شوند. سپس با روش های شناسایی مبتنی بر هوش مصنوعی، قطعات ابر و سایه آن شناسایی شده و با روابط نزدیکی می توان ارتباط میان ابر و سایه آن را برقرار نمود و با شناسایی هریک از آن ها به دیگری دست یافت. در این دسته روش ها حجم محاسبات در عمليات قطعه بندى بالاست و همچنین استفاده از روابط نزدیکی زمانبر و پیچیده است. روش آستانه گذاری بیشترین مورد استفاده را برای کاربردهای ساده دارد و از آنجایی که بهخوبی بهبود یافته است، می تواند بهدقت بالا در تشخیص ابر دست یابد (سان و همکاران، ۲۰۱۷، کانگ و همکاران، ۲۰۱۵، سان و همکاران، ۲۰۱۶، گنتمان و همکاران، ۲۰۰۴، مان و همکاران، ۲۰۱۵). روش آستانه گذاری بر این اصل استوار است که سطوح خاکستری[†] پیکسل های متعلق به ابر كاملاً متفاوت از سطوح خاكسترى مربوط به پیکسل های پس زمینه در بسیاری از کاربردهای پردازش تصویر هستند، بنابراین این روش به ابزار ساده اما مفیدی برای جداسازى اين اشياءاز پس زمينه تبديل شده است (سنتيكوماران و واتگی، ۲۰۱۶). روش های اولیه شناسایی سایه ابر که در حال حاضر استفاده می شوند شامل روش های اختلاف چندزمانه (مارتینوزی و همکاران، ۲۰۰۷)، فیلترگذاری (لو ۲۰۰۷) و هندسی (هواچیسون و همکاران، ۲۰۰۹، کنودبی و همکاران، ۲۰۱۱، هوانگ و همکاران، ۲۰۱۰، ژانگ و همکاران، ۲۰۰۴) هستند (سان و همکاران، ۲۰۱۸).

ژو و همکاران در سال ۲۰۱۸ طی تحقیقی به بررسی و دسته بندی انواع روش های شناسایی ابر و سایه آن از تصاویر لندست پرداختند. براساس این تحقیق ابر و سایه آن در گذشته توسط تصویر تک زمانه و یا چند زمانه شناسایی شده اند (ژو و همکاران، ۲۰۱۸). در روش های تک زمانه ابر و سایه آن از یک تصویر شناسایی می شوندو به دو دسته کلی روش های فیزیکی با و یادگیری ماشین⁶ تقسیم می شوند. در روش های فیزیکی با

^{1 .} Thresholding

^{2 .} Radiation Transfer

^{3 .} Object based

^{4 .} Gray Level

^{5.} Machine learning

مدیثه بابائی و همکاران

استفاده از مشخصه های ابر و سایه آن نظیر دما و روشنایی این کلاس ها شناسایی می شوند. در روش های یادگیری ماشین با ابر و سایه آن مشابه یک کلاس برخورد می شود و با استفاده از روش های طبقه بندی شناسایی خواهند شد. در روش های چندزمانه شناسایی ابر و سایه آن از تصاویر سری زمانی انجام خواهد شد. اگر چه استفاده از چند تصویر برای شناسایی ابر می تواند صحت این عملیات راافزایش دهداماهزینه محاسباتی و دشواری روش ها از معایب آن محسوب می شوند.

کیم و همکاران (۲۰۱۳) روشی جدید برای تشخیص ابر و سایه ابر با استفاده از باندهای ۱، ۹ و ۱۰ و با به کارگیری روش آستانه گذاری برای تصاویر لندست ۸ به دست آوردند. نتایج تجربی با استفاده از تصاویر این ماهواره نشان داد که روش پیشنهادی کیفیت بالایی دارد. در تحقیقی در سال ۲۰۱۳ ویلسون و اورپولوس، الگوریتمی برای تشخیص ابر از تصاویر لندست ۸ پیشنهاد شد که قادر است ابر و سایه آن را بخوبی تفکیک کند. کاندرا و همکاران (۲۰۱۷) روش ماسک ابر چندزمانه (MCM)⁵ را با افزودن یک الگوریتم تشخیص ابر سیروس (استفاده از باند ۹ لندست ۸) اصلاح نمودند که نسبت به خود روش دقت بالاترى را نشان داد (Kim et al., 2013). کانگ و همکاران در سال ۲۰۱۳، روشی برای شناسایی ابر و سایه آن در تصاویر لندست ۸ ارائه نمودند. روش پیشنهادی براساس حداًستانه گذاری برروی باندهای طیفی لندست ۸ طراحی شده است. روش پیشنهادی برروی یک تصویر پیاده سازی شد و صحت کلی شناسایی ابر و سایه آن به ترتیب ۹۸ و ۹۷ درصد برآورد گردید. روش پیشنهادی برای شناسایی ابرهای نازک و سایه آن عملکرد خوبی ندارد. ژی و همکاران در سال ۲۰۱۸، به شناسایی ابر از تصاویر لندست ۸ پرداختند. در روش پیشنهادی ابتدا باندهای ۲، ۳ و ۶ با استفاده از روش خوشه بندی تکراری خطی ساده^۷ به زیر پیکسل تقسیم شدند. سپس طی دو مرحله طبقه بندی مبتنی بر ماشین بردار پشتیبان، کلاس ابر شناسایی شد. نهایتاً با استفاده از روش زمینه تصادفی شرطی^ گسستگی ها از بین رفته و نتایج در لبه کلاس ابر بهبود یافت. صحت کلی روش پیشنهادی بیشتر از ۹۰ درصد است که نشان

8 . Conditional Random Field

دهنده کارایی مناسب آن است.

در این تحقیق از روش تک زمانه برای شناسایی ابر و سایه آن استفاده می شود. مهم ترین نوآوری این مقاله استفاده از ترکیب چند باند طیفی لندست ۸ در ساختار درخت تصمیم گیری^۴ است که آن را از تحقیقات پیشین متمایز می کند. روش پیشنهادی ساده است و به شکلی طراحی شده است که بتواند سایه ابرها را نیز شناسایی کند. در بخش دوم مقاله به معرفی منطقه مورد مطالعه، داده های مورد استفاده و روش پیشنهادی پرداخته شده است. در بخش سوم نتایج به دست آمده از روش پیشنهادی در مناطق مطالعاتی به همراه بحث در مورد آنها ارائه خواهد شد. نهایتاً در بخش چهارم، نتیجه گیری بدست آمده از نتایج پژوهش ارائه خواهد شد.

🔳 مواد و روشها

پوشش ابر غالب در منطقه دریاچه ارومیه، که معمولاً مطالعات محیط زیستی بسیاری در آن انجام می شود، سبب کاهش کارایی روش های استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره ای می شود. از این رو، منطقه مورد مطالعه حوضه دریاچه ارومیه انتخاب شد. علاوه براین، از آنجائی که تصاویر ماهواره لندست ۸ در مطالعات محیط زیستی و علوم زمین بسیار پرکاربرد است، در این مطالعه از تصاویر مذکور جهت اعتبارسنجی روش شناسایی ابر پیشنهادی استفاده شد. شکل ۱. تصاویر لندست ۸ استفاده شده در روش در سایر مناطق و نیز درصدهای مختلف پوشش ابر، این الگوریتم برای دو صحنه تصویر لندست دیگر اجرا شد. نمای کلی این دو تصویر و میزان پوشش ابر در شکل ۲. نشان دادهشده است (فوگا و همکاران، ۲۰۱۷، سوروی، نشان دادهشده است (فوگا و همکاران، ۲۰۱۷، سوروی،

تصاویر لندست مورد استفاده در این مطالعه مربوط به یک مسیر و گذر یکسان در سال های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۷ <u>https://earthexplorer.usgs</u> و سایر مشخصات این <u>gov</u> دریافت شدند. تاریخ اخذ و سایر مشخصات این تصاویر در جدول ۱ آمده است.

^{6 .} Multi-temporal Cloud Masking

^{7 .} Simple Linear iterative Cluster

^{9.} Decision tree

معرفی روشی نوین مبتنی بر مد آستانه گذاری ...



شکل ۱. تصاویر منتخب مربوط به ماهواره لندست۸



شکل ۲. دو صحنه تصویر لندست ۸ با درصد پوشش ابر متفاوت استفادهشده برای ارزیابی نتایج

۱۴۹

مدیثه بابائی و همکاران

درصد ابرناکی	Row	Path	تاريخ اخذ	نام تصوير	رديف
حدود ۳	34	189	۲۰۱۴/۰۶/۱۸	LC08_L1TP_169034_20140618_20170421_01_T1	١
حدود ۴	34	189	7 • 18/ • 8/74	LC08_L1TP_169034_20160623_20170323_01_T1	٢
حدود ۱	37	189	7 • 1 ٧/ • ۶/ 1 •	LC08_L1TP_169034_20170610_20170627_01_T1	٣

جدول ۱. مشخصات تصاویر مورداستفاده در تحقیق

جدول ۲. مشخصات و درصد پوشش ابر تصاویر مورداستفاده برای ارزیابی نتایج

درصد ابرناکی	Row	Path	تاريخ اخذ	نام تصوير	رديف
حدود ۵۰	۲۸	49	7 • 14/ • 8/7 •	LC80460282014171LGN00	LC1
حدود ۲۳	۳۱	١٣٣	$r \cdot r / r / r / r r$	LC81330312013202LGN00	LC2

دو تصویر دیگر، که تنها برای ارزیابی دقت الگوریتم تشخیص ابر ارائهشده در این تحقیق مورداستفاده قرار گرفتند، به صورت انتخابی و بر اساس تنوع پوشش ابر در آن ها، استفاده شدند. مشخصات مربوط به این تصاویر نیز در جدول ۲ آمده است. تصویر مربوط به سال ۲۰۱۴ در این مقاله به نام LC1 و تصویر مربوط به سال ۲۰۱۴ به نام LC2 نامیده شده است (فوگا و همکاران، ۲۰۱۷).

در روش پیشنهادی مطابق شکل ۳، ابتدا در مرحله پیش پردازش، درجه های خاکستری به بازتاب بالای جو تبدیل می شوند. سپس پیکسل های ابر با اعمال حدآستانه روی باند ۱ و ۹ لندست ۸ شناسایی می شوند. سپس از ترکیب باند ۱ (۲۰۸۱/۰ – ۲۳۵/۰ میکرومتر)، باند ۳ (۲۰۸۹/۰ – ۲۵۳۰ میکرومتر)، باند ۵ (۲۸۹۱ – ۱/۸۸۰ میکرومتر)، باند ۶ (۲۵۹۱/۰ – ۲۵۶۶ میکرومتر) ماند ۹ (۲۸۴۰ – ۲۳۶۳ میکرومتر) لندست به همراه شاخص ۲۰/۳۸۴ مطابق آنچه در شکل ۳۰ ارائه شده شاخص ۱۰۲۳۷۲ های سایه شناسایی می شوند. در مرحله بعد، ماسک ابر و سایه تولید شده با استفاده از اپراتورهای بعد، ماسک ابر و سایه تولید شده با استفاده از اپراتورهای مورفولوژیک به عنوان پس پردازش اصلاح می شوند. نهایتاً بعد، ماسک از مای واقعیت زمینی و محصول –lixel مورفولوژیک به عنوان پس پردازش اصلاح می شوند. نهایتاً با استفاده از داده های واقعیت زمینی و محصول –lixel

10 . Normalized Difference Water Index

برای تعیین پیکسل های مربوط به ابر و سایه آن، ابتدا تصحیح رادیومتریک روی تصاویر اعمال می شود. برای تبدیل مقادیر درجه های خاکستری به رادیانس در لندست۸ از معادله زیر استفاده می شود (توکور و گوستاوی، ۲۰۱۸):

$$L\lambda = M_L Q_{cal} + A_L \tag{1}$$

Watts/) که در آن $^{L\lambda}$ رادیانس بالای اتمسفر بر حسب ($^{L\lambda}$ وادیانس بالای اتمسفر بر حسب (M srad * μ m) عامل تغییر مقیاس ضرب شونده مخصوص رادیانس که از فایل Header تصویر به دست می آید، \mathbf{Q}_{cal} عامل تغییر مقیاس اضافه شونده مخصوص رادیانس است که از فایل Header تصویر به دست می آید. برای تبدیل رادیانس به بازتابندگی بالای جو از معادله زیر استفاده می شود.

$$\rho\lambda' = M_P Q_{cal} + A_P \tag{7}$$

که در آن $\rho\lambda'$ بازتابندگی بالای جو بدون انجام تصحیح زاویه تابش خورشیدی، \mathbf{M}_p عامل تغییر مقیاس ضرب شونده مخصوص بازتابندگی که از فایل متنی به دست می آید، \mathbf{Q}_{cal} باند تصویر مورد نظر و Ap عامل تغییر مقیاس اضافه شونده مخصوص بازتابندگی است که از فایل متنی به دست می آید. برای تصحیح زاویه تابش خورشید در میزان بازتابندگی از معادله زیر استفاده می شود. ۱۵۰

نشريه هواشناسي و علوم مِّو ملد ٩



شکل ۳. روند تشخیص ابر و سایه آن در روش پیشنهادی این مقاله

در روش پیشنهادی، ابر و سایه آن در دو پردازش مجزا استخراج می شوند. بهمنظور تشخیص ابر از اعمال دو شرط بر روی باندهای ۱ و ۹ ماهواره لندست۸ استفاده شد. باند ۱ در محدوده طول موج ۰/۴۳۵ تا ۰/۴۵۱ میکرومتر طراحی شده و باند ذرات معلق ساحلی^{۱۱} نامیده

11 . Coastal Aerosol

 $\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{Sin(\theta SE)} = \frac{\rho\lambda'}{Cos(\theta SZ)} \tag{(7)}$

که در آن **ρλ** بازتابندگی بالای جو همراه با تصحیح زاویه تابش خورشیدی، θ_{SE} زاویه محلی ارتفاع خورشید و θ_{SZ} زاویه محلی زنیت (اوج) خورشید هست.

101

مدیثه بابائی و همکاران

می شود. طراحی این باند دو هدف اساسی را دنبال مى كند. هدف اول، محاسبه غلظت ذرات معلق در جو بهمنظور اصلاح روش های تصحیح جوی و هدف دیگر، فراهم نمودن امكان بازرسی دقیق آب های داخلی و ساحلی است. با توجه به اینکه ابر یکی از المان های جو در نظر گرفته می شود، استفاده از باند ۱ مفید خواهد بود. علاوه براین، باند ۹ این ماهواره در محدوده طول موج ۱/۳۶۳ تا ۱/۳۸۴ میکرومتر قرار دارد و باند سیروس^{۱۲} نامیده می شود. این باند اجازه تشخیص بهتر ابرهای سیروس در تصویر را می دهد. باند ۹ برای شناسایی ابرهای با ارتفاع بالا مناسب است. در این تحقیق مشاهده شد که میزان بازتابندگی ابرهای مختلف در این دو باند از سایر عوارض موجود در تصویر بالاتر است بنابراین با تعیین یک حد آستانه برای هریک از این باندها و تعیین شرط انتخاب پیکسل های دارای بازتابندگی بالاتر از این حد آستانه ها، می توان تا حد زیادی ابرهای موجود در تصویر را تشخیص داد. معادله (۴) شروط تشخیص ییکسل های ابری از تصاویر ماهواره ای را نشان می دهد که در این تحقیق ارائه شده است:

B1 > T1 & B9 > T2(۴)

که در آن B1 و B9 به ترتیب باندهای ۱ و ۹ ماهواره لندست ۸ و T1 و T2 مقادیر تجربی هستند که بر اساس شرایط تصویر و با به کارگیری روش آزمونوخطا تعیین می شوند (جانعلی پور و همکاران، ۲۰۱۴، بابائی و همکاران، ۲۰۱۹). در تمام مراحل انتخاب حد آستانه در این تحقیق از روش آزمونوخطا استفاده شد که یکی از پرکاربردترین روش های تعیین حد آستانه در تصاویر است. این روش در بسیاری از مطالعات پیشین بهویژه برای تعیین حد آستانه در شاخص های طیفی و استخراج عوارض از تصاویر ماهواره ای، مورداستفاده قرار گرفته است.

تشخیص سایه ابر بر روی تصاویر بهمراتب مشکل تر از تشخیص ابر است. سایه ابرها بسته به خصوصیات فیزیکی

(بهعنوانمثال شکل و ضخامت) و نیز زاویه نور خورشید در لحظه ثبت تصوير، ازنظر شكل، اندازه، فاصله با ابر و همچنین بازتاب آن ها بسیار متفاوت هستند. برخی از سایه ها بازتاب بسیار کمی داشته (به دلیل جذب بیشتر توسط ابرهای ضخیم تر) و در تصویر کاملاً تیره دیده می شوند. برخی دیگر روشن تر بوده و تشخیص آن ها از سایر عوارض تیره موجود در تصویر مشکل تر است. بسیاری از انواع عوارض زمینی مانند تالاب ها و پهنه های آبی امضاهای طیفی بسیار شبیه به امضای طیفی سایه ابر دارند (ژو و همکاران، ۲۰۱۵). با توجه به اینکه سایه ها در باندهای مختلف، بازتاب پایین تری نسبت به سایر عوارض موجود در تصویر دارند، در این تحقیق با استفاده از روش آزمونوخطا مشاهده شد که با استفاده از باندهای ۳، ۵، ۶ و ۱ و انتخاب حدود آستانه و نیز اعمال شروطی مبنی بر انتخاب پیکسل های دارای بازتابندگی پایین تر از این حدود می توان سایه های موجود در تصویر را با دقت خوب تشخیص داد. شروط مورداستفاده برای تعیین ییکسل های سایه ابر در معادلات (۵) تا (۸) آمده است:

- $R1 = \{x | x \in R \& B3(i,j) < T3\}; i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, M \quad (\Delta)$
- (6) $R2 = \{x | x \in R1 \& B5(i.j) < T4\}; i = 1....N. j = 1....M$
- $R3 = \{x | x \in R2 \& B6(i,j) < T5\}; i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, M \quad (Y)$
- $R4 = \{x | x \in R3 \& B1(i.j) < T6\}; i = 1....N. j = 1....M$ (λ)

که در این معادلات Bn باند nام ماهواره لندست ۸، Rn مجموعه پیکسل هایی که شرط برایشان صادق بوده و Tn مقادیر تجربی هستند که بسته به شرایط منطقه تعیین می شوند. همچنین M و N تعداد سطر و ستونهای تصوير موردبررسي است.

یکی از عوارضی که در این مرحله در تشخیص سایه ابر مشکل ایجاد می کند پیکسل های آب هستند. تعداد نسبتاً بالایی از پیکسل های آب موجود در منطقه پس از اجرای این شروط بهعنوان پیکسل سایه ابر درنتیجه نهایی باقی خواهند ماند. برای رفع این مشکل از شاخص طيفى NDWI استفاده شد كه طريقه محاسبه آن در

جدول ٣. مقادير حد آستانه بدست آمده در اين تحقيق

T7	T6	T5	T4	Т3	T2	T1	متغير
• / ١	•/17۵	•/10	•/٢١	•/17	•/••٢	٠/٢	مقدار بدست آمده

معادله ۹ نشان داده است (بابائی و همکاران، ۲۰۱۹).

$$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR)$$
 (۹)

که در آن Green و NIR به ترتیب باندهای تصویر ماهواره ای در محدوده سبز و مادونقرمز هستند. برای حذف پیکسل های آب در این مرحله از شرط زیر استفاده شد.

$$NDWI < T7 \tag{1.}$$

که مقدار T7 بهعنوان یک حد آستانه متناسب با شرایط تصویر و منطقه تعیین می گردد. در این تحقیق با آزمون و خطا این مقدار برابر با ۰/۱ در نظر گرفته شد.

پس از اجرای کلیه این مراحل پیکسل های سایه ابر استخراج می شوند. برای حذف پیکسل های تک و پراکنده باقیمانده نیز از توابع مورفولوژیکی موجود در متلب استفاده شد. در این مرحله پیکسل های ابری که تعداد پیکسل های ابر متصل شده به آنها از یک مقدار حدآستانه کمتر باشند حذف خواهند شد. درنهایت ماسک سایه ابر بدست خواهد آمد. با تجمیع این ماسک و ماسک ابر بدست آمده در مرحله قبل، ماسک نهایی ابر و سایه آن بدست خواهد آمد.

برای انجام اعتبارسنجی نتایج از ماسک ابر تولید شده توسط USGS و داده های حقیقت زمینی ارائه شده توسط (فوگا و همکاران، ۲۰۱۷) استفاده می شود. بدین منظور از تعداد پیکسل های ابر و غیر ابر درست و نادرست شناسایی شده روش پیشنهادی آماره ها، صحت کلی^{۳۱} (OA) و ضریب کاپا^{۱4} (K) استفاده می شود (جانعلی پور و محمدزاده ۲۰۱۷، جانعلی پور و محمدزاده ۱۱ (جانعلی ور و محمدزاده ۲۰۱۷، جانعلی پور و محمدزاده و ۲۰۱۸ اماره های کاپا و صحت کلی مطابق روابط ۱ آماره ها، نشانده نتایج با اعتبار بالا است (پونتیوس و

میلونس، ۲۰۱۱). $K = \frac{N \sum_{i=1}^{n} m_{ii} - \sum_{i=1}^{n} G_i C_i}{N^2 - \sum_{i=1}^{n} G_i C_i}$ (۱۱)

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^{n} m_{ii}}{N} \tag{11}$$

جائیکه، N تعداد کل نمونه های ارزیابی، K ضریب کاپا، C_i تعداد نمونه های اختصاص دادهشده به کلاس i تعداد کلاس ها، OA صحت کلی، m_{ii} تعداد نمونههایی که در واقعیت زمینی کلاس i بوده و در مقادیر اختصاصیافته نیز همان کلاس بودهاند، G_i تعداد نمونه های واقعیت زمینی در کلاس i و i شماره کلاس

🔳 نتايج و بحث

روش ارائه شده در این تحقیق، شامل تعدادی حد آستانه است که در روابط با T_n نشان داده شده اند. این مقادیر تجربی بوده و بسته به نوع عوارض منطقه، تاریخ تصویر و عوامل دیگر در هر تصویر متفاوت بوده و لازم است توسط کاربر تعیین شود. همان طور که قبلاً اشاره شد، برای تعیین مقادیر حد آستانه در این تحقیق از روش آزمون و خطا استفاده می شود. اما به این دلیل که تصاویر مورداستفاده در این تحقیق مربوط به یک منطقه خاص و یک ماه از سال های مختلف بود، مقادیر این حد آستانه ها برای هر سه تصویر یکسان در نظر گرفته شد که در جدول T آمده است. بنظر می رسد این مقدار حدآستانه برای این ماه و فصل سال معتبر خواهد بود.

پس از اجرای الگوریتم تشخیص ابر و سایه آن، نتایج بدست آمده ابتدا به صورت بصری ارزیابی شدند. نمونه هایی از نتایج این ارزیابی در شکل ۴ و ۵ قابل مشاهده هستند. همان طور که در مقایسه بصری مشاهده می شود، روش

¹³⁻Overall Accuracy (OA)

^{14 -} Kappa coefficient (K)



شکل ۴. مقایسه بصری ماسک ابر و سایه ابر (چپ) با واقعیت زمینی (راست) در تصویر تاریخ (۱۰/۰۶/۲۰۱۷)



شکل ۵. مقایسه بصری ماسک ابر و سایه ابر (چپ) با واقعیت زمینی (راست) در تصویر تاریخ (۲۰۱۶/۰۶/۲۳)

پیشنهادی بهخوبی می تواند ابر و سایه آن را از تصاویر ماهواره ای استخراج کند. مناطق آبی رنگ ابر و سایه آن را نمایش می دهد. مطابق این تصاویر روش پیشنهادی در شناسایی ابرهای نازک و ضخیم کارآمد است. در شکل ۴ نمونه ای از ابر نازک با سایه آن نمایش داده شده است که روش پیشنهادی توانسته است ابر و سایه آن را شناسایی نماید. همچنین شکل ۵ نمونه ای از ابر ضخیم و سایه آن به همراه عملکرد روش پیشنهادی را نمایش می دهد. براساس نتایج این شکل روش پیشنهادی در مواجهه با ابرهای ضخیم عملکرد مناسبی داشته است.

بهمنظور ارزیابی کمّی نتایج روش پیشنهادی، محصول Pixel-qa ماهواره لندست ۸ بهعنوان واقعیت زمینی در نظر گرفته شد. این محصول ماهواره لندست ۸ شامل یک طبقهبندی از انواع ابر، سایه ابر، برف/یخ و آب هست که توسط الگوریتم CFmask تهیهشده و در اختیار کاربران قرار می گیرد. نتایج بدست آمده از ارزیابی پوشش ابر و سایه ابر در هر تصویر با محصول Pixel-qa در جدول ٤ آمده است. باید توجه داشت که الگوریتم CFmask یک روش خودکار شناسایی ابر و سایه است که ممکن است نتایج آن با خطا همراه باشند. براساس نتایج جدول ۴،

بر	سايه ا		د. متابع الم	
Kappa coefficient	Overall Accuracy (%)	Kappa coefficient	Overall Accuracy (%)	شماره تصوير
•/٢٢	१९/٣•	٠ /٧٣	٩ <i>٨</i> /۶٧	١
٠/٢۵	٩٨/۴٢	• / 8 •	۹٧/۳۵	٢
• /۲۵	१९/۶۲	• / m	٩٨/٨٢	٣

جدول ۴. ارزیابی نتایج بدست آمده از الگوریتم تشخیص ابر با محصول Pixel-qa ماهواره لندست ۸



شکل ۶. مقایسه ماسک ابر بدست آمده از الگوریتم جدید (بالا) و محصول pixel-qa ماهواره لندست ۸ (پایین)

صحت کلی روش پیشنهادی برای شناسایی ابر و سایه آن به ترتیب برابر ۹۷ درصد و ۹۸ درصد بوده است.

پس از ارزیابی نتایج مشخص شد که ضریب کاپا برای ابر در تصویر سوم و برای سایه آن در هر سه تصویر مقدار پایینی است که نشاندهنده کارایی پایین الگوریتم برای تخمین این متغیرها در مقایسه با واقعیت زمینی هست. بهمنظور بررسی علت این امر، تصویر سوم که هم در تشخیص ابر و هم سایه آن ضریب کاپای پایینی نشان داد انتخاب شد. بررسی ها مشخص نمود که علت این امر در مرحله تشخیص ابر، ضعف الگوریتم محصول pixel-qa ماهواره لندست ۸ در شناسایی ابر است. در واقع روش

مورد استفاده جهت تولید pixel-qa توانایی تفکیک آب و برف از ابر را ندارد. با توجه به تعداد اندک پیکسل های ابر خطای اندک در شناسایی آن باعث کاهش شدید مقدار ضریب کاپا می شود. نمونه هایی از مقایسه نتایج در شکل ۶ و شکل ۷ قابل مشاهده است.

همان طور که در شکل ۶ مشاهده می شود، مناطق دارای پوشش برف و یخ در محصول pixel-qa ماهواره لندست ۸ بهعنوان ابر در نظر گرفته شده و در ارزیابی نهایی خطای زیادی را ایجاد می کند. به عنوان نمونه شکل ۶ (پایین) قسمت مرکزی و غربی محصول -Pixel qa



شکل ۲. مقایسه ماسک ابر بدست آمده از الگوریتم جدید (بالا) و محصول pixel-qa ماهواره لندست ۸ (پایین)

این منطقه بدنه آبی است. تفکیک ابر از برف همواره در تحقیقات گذشته به عنوان یک چالش در نظر گرفته شده است (ژو و همکاران، ۲۰۱۵). اما همانطور که مشاهده می شود روش پیشنهادی توانسته این چالش را حل کند. با توجه به منطقه نشان داده شده در شکل ۷ می توان مشاهده کرد که پهنه آبی موجود در تصویر، توسط محصول pixel-qa کاملاً بهعنوان ابر در نظر گرفتهشده است. این موضوع به عنوان چالش همواره در مطالعات پیشین مورد تاکید قرار گرفته است (ژو و همکاران، ۲۰۱۵). درصورتی که در ماسک ابر تهیهشده با الگوريتم جديد، اين خطا وجود نداشته و بهوضوح می توان بیان کرد که دقت تشخیص ابر در این روش بسیار بالاتر از محصول pixel-qa هست. تمامی این تفاوت ها سبب بروز خطای نهایی و پایین بودن ضریب کاپا در ارزیابی روش می گردد. در واقع علت اصلی خطا در روش، شناسایی اشتباه پیکسل ها در pixel-qa است. بنابراین ارائه روش های جدید شناسایی ابر و سایه آن نظیر این مقاله می توانند منبع مطالعات مناسبی در

آینده باشند.

به منظور اثبات کمّی این امر، تعداد ۲ زیرمجموعه از هر تصویر که در آن ها پیکسل های آب و برف وجود نداشت و یا تعداد آن ها نسبت به پیکسل های ابر کم بود انتخاب شدند که مکان هر یک از این زیرمجموعه ها در شکل ۸ نشان داده شده است. سپس این زیرمجموعه ها مجدداً با pixel-qa مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج این ارزیابی در جدول ۵ آمده است. براساس شکل ۸، پنج زیر مجموعه انتخاب شده دارای درصد پوشش ابر کم تا زیاد هستند اما روش پیشنهادی توانسته است در تمامی حالات بخوبی کلاس ابر را از غیر ابر تفکیک نماید. صحت کلی شناسایی ابر در زیرمجموعه ها از ۸۵ درصد تا ۹۹ درصد متغیر بوده است. براساس جدول ۵، می توان بیان کرد که صحت کلی روش پیشنهادی آنچنان به درصد پوشش ابر وابسته نیست و مقادیر متغیر هستند. همان طور که مشاهده می شود ضریب کاپا روش پیشنهادی در زیرمجموعه های مختلف از حداقل ۰/۶۳ تا ۰/۷۵ متغیر است. با توجه به اینکه ضریب کاپا آماره ای بدبینانه برای نشريہ هواشناسی و علوم مِّو

مِلد ٤، شماره ٤، تابستان ٩٨٨



شکل ۸. محل قرار گیری زیرمجموعههای انتخاب شده بدون برف و آب برای ارزیابی نهایی

جدول ۵. ارزیابی نتایج زیرمجموعههای بدون برف و آب با محصول pixel-qa ماهواره لندست۸

Kappa coefficient	Overall Accuracy (%)	زيرمجموعه	شماره تصوير
٠/٨٣	٩٧/٣٢	1-1	N
•/٧٢	۸۵/۶۷	1-1	1
• /۶۵	۹۳/۳۵	۲-۱	÷
• /۶٣	97/14	۲-۲	,
• /Y۵	۹۸/۷۳	۳-۱	~
٠/٧٣	99/ & •	۳-۲	1

برآورد صحت نتایج است، مقادیر بدست آمده توسط این ضریب برای تصاویر مختلف قابل قبول است.

در مورد میزان پایین ضریب کاپا در تشخیص سایه ابر نیز پس از انجام بررسی ها مشخص شد علت این امر این است که الگوریتم ارائه شده در این تحقیق، سایه های ناشی از پستی و بلندی هایی نظیر کوه ها، تپه ها و سایر عوارض بلندی که تولید سایه می کنند را نیز بهعنوان سایه ابر در نظر گرفته و سبب بروز خطا در ارزیابی نهایی می شود. در واقع می توان گفت که این الگوریتم تمامی سایه های موجود در تصویر اعم از سایه ابر و غیر ابر را

تشخیص می دهد درصورتی که در محصول pixel-qa ماهواره لندست ۸ فقط سایه های ابر بهعنوان واقعیت زمینی در نظر گرفته شده اند. این موضوع نشان دهنده ضعف روش پیشنهادی در شناسایی سایه ابر است.

ارزیابی دیگری برای صحت سنجی نتایج حاصل از الگوریتم تشخیص ابر بر روی دو صحنه تصویر لندست ۸ انجام شد. همانطور که قبلاً اشاره شد، این تصاویر دارای درصد ابر متفاوت نسبت به تصاویر منطقه مورد مطالعه بودند و انتخاب آن ها به این دلیل بود که کارایی این الگوریتم برای درصدهای مختلف ابر در تصویر و



شکل ۹. مقایسه بصری دو برش مختلف از تصویر LC۱ با نتایج حاصل از الگوریتم تشخیص ابر



شکل ۱۰. مقایسه بصری دو برش مختلف از تصویر LC۲ با نتایج حاصل از الگوریتم تشخیص ابر

نیز انواع ابر نازک و ضخیم با پراکندگی ، شکل و توزیع متفاوت در تصویر مورد آزمایش قرار گیرد. ازآنجایی که داده های واقعیت زمینی برای این دو تصویر وجود داشت، ارزیابی نتایج حاصل از الگوریتم تشخیص ابر در این دو تصویر از ارزش بالاتری نسبت به مقایسه قبلی با محصول pixel-qa برخوردار است. نمونه هایی از مقایسه بصری قسمت هایی از این دو تصویر در شکل های شکل ۹ و شکل ۱۰ نشان نشان داده شده است. شکل ۹ تصویری با درصد ابر بالا و ابرهای منفک است که برروی یک منطقه با پوشش گیاهی برداشت شده است. شناسایی ابر در این نوع تصاویر به نوعی چالش محسوب می شود. مناطق سفید رنگ، ابرهای قابل مشاهده در تصویر هستند. مناطق آبی رنگ ابرهای شناسایی شده توسط

روش پیشنهادی را نمایش می دهند. همان طور که مشاهده می شود روش پیشنهادی توانایی شناسایی ابرها با مساحت کم تا زیاد را دارا است. شکل ۱۰ منطقه ای با درصد پوشش ابر بالا و ابرهای نازک را نمایش می دهد. همان طور که مشاهده می شود روش پیشنهادی کمی در لبه ابر دچار خطا بوده و مناطق بیشتری را به عنوان ابر در نظر می گیرد. این موضوع بعلت مشابهت زیاد ابر و پس زمینه است. به عبارت دیگر روش های شناسایی ابر در مناطقی که بازتابندگی ابر با پس زمینه مشابهت دارند، دچار خطا خواهند شد (ژو و همکاران، ۲۰۱۵).

مقایسه کمّی نتایج حاصل از اجرای الگوریتم تشخیص ابر بر روی دو تصویر LC1 و LC2 با استفاده از داده های واقعیت زمینی انجام شد. نتایج این مقایسه

روش دوم کانگ و همکاران (کانگ و همکاران، ۲۰۱۳)		(کانگ و همکاران، ۲۰۱۳)	الگوريتم تشخيص ابر		شماره	
K	OA (%)	K	OA (%)	K	OA (%)	تصوير
عدم پاسخ	عدم پاسخ	عدم پاسخ	عدم پاسخ	٠/٨۵	٩٣/٠٧	LC1
۰/۱۵	48/•1	۰/۶۱	٨۵/٨٩	۰/۷۵	٨٩/٩٧	LC2

جدول ۶. مقایسه نتایج الگوریتم تشخیص ابر با واقعیت زمینی در دو تصویر لندست ۸ با درصد ابرناکی متفاوت

در جدول ۶ آمده است. نتایج نشان می دهند که عملکرد الگوریتم تشخیص ابر در هر دو تصویر با درصد ابرناکی حدود ۳۰ و بالای ۵۰ درصد در دو منطقه و زمان متفاوت، خوب بوده و از آنجا که در سه تصویر اصلی مورد مطالعه با درصد ابرناکی متفاوت و ابرهای پراکنده نیز نتایج خوبی بدست آمد، بنظر می رسد این الگوریتم قابل اجرا و تعمیم بدست آمد، بنظر می رسد این الگوریتم قابل اجرا و تعمیم بدست آمد، بنظر می رسد این الگوریتم قابل اجرا و تعمیم بدست آمد، منظر می رسد این الگوریتم قابل اجرا و تعمیم ممامی تصاویر لندست ۸ هست. براساس نتایج صحت برابر ۹۳/۰۷ و ۹۳/۲۹ درصد برآورد شدند. همان طور که مشاهده می شود صحت کلی روش پیشنهادی در منطقه دوم کمتر از منطقه اول است که بدلیل پیچیدگی بیشتر این صحنه تصویر برداری است.

به منظور مقایسه روش پیشنهادی با روش های متداول شناسایی ابر، روش کانگ و همکاران مورد استفاده قرار می گیرد (کانگ و همکاران، ۲۰۱۳). روش های ارائه شده توسط کانگ وهمکاران مطابق روش این مطالعه مبتنی بر حدآستانه گذاری و درخت تصمیم گیری است از این رومقایسه نتایج معنادار خواهد بود. روش اول و دوم در تصویر LC1 کارایی مناسبی ندارد و تمام تصویر به عنوان ابر شناسایی شده است که بدلیل وابستگی روش به مقدار حدآستانه است. در تصویر LC2 روش اول دارای صحت کلی ۸۵/۸۹ درصد است که نسبت به روش ارائه شده در این پژوهش ۴ درصد کمتر است. همچنین روش دوم با صحت کلی ۶۶ درصد صحت قابل قبولی ندارد.

🔳 جمعبندی

امروزه تصاویر ماهواره لندست ۸ به دلیل دسترسی راحت و رایگان و قدرت تفکیک مناسب در بسیاری از مطالعات سرزمین مورد استفاده قرار می گیرند. از سوی

دیگر، شناسایی ابرها به عنوان یکی از اولین مراحل پردازش تصاویر ماهواره ای، امری اجتنابناپذیر است. از این رو توسعه روش های ساده و کارآمد و بهدوراز پیچیدگی های معمول برای تشخیص ابر و سایه در این تصاویر ضروری است. در این تحقیق یک درخت تصمیم گیری مبتنی بر حد آستانه گذاری و شروط ساده بهمنظور شناسایی ابر و سایه آن ارائه شد. روش پیشنهادی توانایی استفاده از اطلاعات باندهای مفید تصاویر لندست ۸ را دارد. این روش بر روی سه صحنه از تصاویر لندست ۸ در سال های مختلف اجرا شد. نتایج نشان می دهند در شناسایی ابر و سایه آن، روش پیشنهادی کاملاً کارآمد است. روش تعیین حد آستانه در این تحقیق بر مبنای روش تجربی آزمون خطا بوده و این امکان وجود دارد که مقادیر حد آستانه نسبت به شرایط منطقه تغییر نماید. مقادیر بهدستآمده در این تحقیق می تواند بهعنوان مقدار اولیه و یا راهنما برای تعیین حد آستانه در مطالعات و مناطق دیگر مورداستفاده قرار گیرد. در مقایسه با روش ارائه شده توسط کانگ و همکاران، صحت نتایج روش پیشنهادی بالاتر بود. همچنین روش کانگ در تصویر LC1 نتوانست نتایج قابل قبول ارائه دهد درحالیکه روش پیشنهادی در این منطقه صحت کلی ۹۳/۰۷ را دارا است. بهمنظور بررسی کارایی روش و بالا بردن سطح خودکارسازی آن توصیه می شود روش پیشنهادی در مناطق بیشتری ییادەسازى شود.

🔳 مراجع

- -. Available: https://earthobservatory.nasa.gov/ images/81238/bay-blues.
- Available: https://earthobservatory.nasa.gov/ images/81210/new-landsat-finds-clouds-hidingin-plain-sight.
- BABAEI, H., JANALIPOUR, M. & TEHRANI,

2011. A cloud detection algorithm for AATSR data, optimized for daytime observations in Canada. *Remote Sensing of Environment*, 115, 3153-3164.

- KONG, X., QIAN, Y. & ZHANG, A. Cloud and shadow detection and removal for Landsat-8 data. MIPPR 2013: Remote Sensing Image Processing, Geographic Information Systems, and Other Applications, 2013. International Society for Optics and Photonics, 89210N.
- LU, D. 2007. Detection and substitution of clouds/ hazes and their cast shadows on IKONOS images. *International Journal of Remote Sensing*, 28, 4027-4035.
- MAN, D. C., LUU, V. H., BUI, Q. H. & NGUYEN, T. N. T. 2015. Cloud Detection Algorithm for LandSat 8 Image Using Multispectral Rules and Spatial Variability. *Knowledge and Systems Engineering*. Springer.
- MARTINUZZI, S., GOULD, W. A. & GONZÁLEZ, O. M. R. 2007. Creating cloud-free Landsat ETM+ data sets in tropical landscapes: cloud and cloud-shadow removal. US Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. Gen. Tech. Rep. IITF-32., 32.
- PONTIUS JR, R. G. & MILLONES, M. 2011. Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. *International Journal of Remote Sensing*, 32, 4407-4429.
- SANO, E. E., FERREIRA, L., ASNER, G. & STEINKE, E. 2007. Spatial and temporal probabilities of obtaining cloud-free Landsat images over the Brazilian tropical savanna. *International Journal of Remote Sensing*, 28, 2739-2752.
- SENTHILKUMARAN, N. & VAITHEGI, S. 2016. Image segmentation by using thresholding techniques for medical images. *Computer Science & Engineering: An International Journal*, 6, 1-13.
- STEPHENS, G. L. & KUMMEROW, C. D. 2007. The remote sensing of clouds and precipitation from space: A review. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 64, 3742-3765.
- SUN, L., LIU, X., YANG, Y., CHEN, T., WANG, Q. & ZHOU, X. 2018. A cloud shadow detection method combined with cloud height iteration and spectral analysis for Landsat 8 OLI data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 138, 193-207.
- SUN, L., MI, X., WEI, J., WANG, J., TIAN, X., YU, H. & GAN, P. 2017. A cloud detection algorithmgenerating method for remote sensing data at visible to short-wave infrared wavelengths. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote*

N. A. 2019. A simple, robust, and automatic approach to extract water body from Landsat images (case study: Lake Urmia, Iran). *Journal of Water and Climate Change*.

- FOGA, S., SCARAMUZZA, P. L., GUO, S., ZHU, Z., DILLEY JR, R. D., BECKMANN, T., SCHMIDT, G. L., DWYER, J. L., HUGHES, M. J. & LAUE, B. 2017. Cloud detection algorithm comparison and validation for operational Landsat data products. *Remote sensing of environment*, 194, 379-390.
- GENTEMANN, C. L., WENTZ, F. J., MEARS, C. A. & SMITH, D. K. 2004. In situ validation of Tropical Rainfall Measuring Mission microwave sea surface temperatures. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 109.
- GOODMAN, A. & HENDERSON-SELLERS, A. 1988. Cloud detection and analysis: A review of recent progress. *Atmospheric Research*, 21, 203-228.
- HUANG, C., THOMAS, N., GOWARD, S. N., MASEK, J. G., ZHU, Z., TOWNSHEND, J. R. & VOGELMANN, J. E. 2010. Automated masking of cloud and cloud shadow for forest change analysis using Landsat images. *International Journal of Remote Sensing*, 31, 5449-5464.
- HUTCHISON, K. D., MAHONEY, R. L., VERMOTE, E. F., KOPP, T. J., JACKSON, J. M., SEI, A. & IISAGER, B. D. 2009. A geometry-based approach to identifying cloud shadows in the VIIRS cloud mask algorithm for NPOESS. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 26, 1388-1397.
- JANALIPOUR, M. & MOHAMMADZADEH, A. 2017. A fuzzy-ga based decision making system for detecting damaged buildings from high-spatial resolution optical images. *Remote Sensing*, 9, 349.
- JANALIPOUR, M. & MOHAMMADZADEH, A. 2018. Evaluation of effectiveness of three fuzzy systems and three texture extraction methods for building damage detection from post-event LiDAR data. *International journal of digital earth*, 11, 1241-1268.
- JANALIPOUR, M., MOHAMMADZADEH, A. & ZOUJ, M. J. V. 2014. Application of the Weighted Indexes Using Training Data and Genetic Algorithm on High Resolution Images for Vegetation Detection in Urban Areas. معرشن مىرشن, 67, 145-155.
- KIM, B., HAN, Y., KIM, Y. & KIM, Y. Generation of Cloud-free Imagery Using Landsat-8. published as paper SC02-0828 in The 34th Asian Conference on Remote Sensing, Proceedings, ACRS, 2013. 20-24.
- KNUDBY, A., LATIFOVIC, R. & POULIOT, D.

نشريه هواشناسى و علوم مِّو

of Vertical Cloud Base Height Distribution over Eastern China. *Atmosphere*, 10, 307.

- ZHANG, Y., ROSSOW, W. B., LACIS, A. A., OINAS, V. & MISHCHENKO, M. I. 2004. Calculation of radiative fluxes from the surface to top of atmosphere based on ISCCP and other global data sets: Refinements of the radiative transfer model and the input data. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 109.
- ZHU, Z., QIU, S., HE, B. & DENG, C. 2018. Cloud and cloud shadow detection for Landsat images: the fundamental basis for analyzing Landsat time series. *Remote Sensing Time Series Image Processing*. CRC Press.
- ZHU, Z., WANG, S. & WOODCOCK, C. E. 2015. Improvement and expansion of the Fmask algorithm: Cloud, cloud shadow, and snow detection for Landsats 4–7, 8, and Sentinel 2 images. *Remote sensing of environment*, 159, 269-277.
- ZI, Y., XIE, F. & JIANG, Z. 2018. A cloud detection method for Landsat 8 images based on PCANet. *Remote Sensing*, 10, 877.

Sensing, 124, 70-88.

- SUN, L., WEI, J., WANG, J., MI, X., GUO, Y., LV, Y., YANG, Y., GAN, P., ZHOU, X. & JIA, C. 2016. A universal dynamic threshold cloud detection algorithm (UDTCDA) supported by a prior surface reflectance database. *Journal* of Geophysical Research: Atmospheres, 121, 7172-7196.
- SURVEY, U. S. G. 2016. L8 Biome Cloud Validation Masks. U.S. Geological Survey, data release.
- THAKUR, P. K. & GOSAVI, V. 2018. Estimation of temporal land surface temperature using thermal remote sensing of Landsat-8 (OLI) and Landsat-7 (ETM+): A study in Sainj River Basin Himachal Pradesh India. *Int. J. Sci. Technol.*, 13, 29-45.
- WILSON, M. J. & OREOPOULOS, L. 2013. Enhancing a simple MODIS CLOUD mask algorithm for the Landsat data continuity mission. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 51, 723-731.
- XU, J., LIU, D., WANG, Z., WU, D., YU, S. & WANG, Y. 2019. A Study of the Characteristics

141

معرفی روشی نوین مبتنی بر مد آستانه گذاری ...

Introducing a New Method for Detecting Cloud and its Shadow Based on Thresholding Approach from Landsat 8 Data

Hadiseh Babaei, Milad Janalipour, Nadia Abbaszadeh Tehrani

Aerospace research institute, ministry of science, research and technology, Tehran, Iran

*Corresponding Author Email: EMAIL

Received: 3 February 2019 , accepted: 5 May 2019

ABSTRACT

Cloud cover and its shadow are a common and unavoidable issue in various optical satellite images that cause limitations in observing Earth's objects. In other words, they are noise for observing ground objects. Therefore, providing precise and suitable algorithms for detecting cloud and its shadow in various types of satellite optical images is an important task. Landsat 8 sensors provide free and easy accessibility, suitable resolutions, band variation and archived images to users in order to do various applications. Detecting cloud and its shadow in Landsat 8 images is an important mission before any other processing, since ground targets cannot be observed in cloudy days. Here we suggest a decision tree method based on thresholding approach and using two new bands of Landsat 8 i.e., Band 1 and Band 9 to obtain cloud and its shadow from Landsat 8 images. In the proposed method, at first, digital numbers are converted into reflectance values. Then cloud and its shadow are detected using (band 1 and band 9) and (band 1, band 5, band 6, and band 9), respectively. Afterwards, morphologic operators are employed to improve the quality of the cloud and its shadow mask. Finally, accuracy assessment is done. The proposed approach was applied to five images over three regions with low to high cloud cover percentage. Based on the obtained results, our simple proposed approach can detect cloud and its shadow with an overall accuracy higher than 98%. According to accuracy assessment results, pixelga product of Landsat 8 is not proper to extract cloud and its shadow, since it has errors. Moreover, the accuracy of the proposed method was compared to Kang et al., (2013) cloud detection approaches. Based on outcomes, our proposed method outperforms Kang et al., (2013) cloud detection approaches. In order to improve the robustness of the proposed method, it is recommended to apply it over other case studies and data sets.

Keywords: Cloud and Cloud Shadow Detection, Thresholding, Remote Sensing, Landsat 8

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Babaei, H.; Janalipour, M.; Abbaszadeh Tehrani, N. (2019). Introducing a New Method for Detecting Cloud and its Shadow Based on Thresholding Approach from Landsat 8 Data . J. Meteorol. Atmos. Sci., 2(2): 146-161

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the JMAS Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

