



Research article

Investigating changes in snow cover in the center of Bamyan province using satellite images

بررسی تغییرات پوشش برفی مرکز ولایت بامیان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

Akbar Sharafat¹, Nematullah Toghani², Mohammad Karim Sirat^{3*}

¹اکبر شرافت، ²نعمت الله طوغانی، ³محمد کریم سیرت

¹Department of geography, Faculty of Geoscience, Bamyan University, Afghanistan

²Department of geography, Faculty of Geoscience, Bamyan University, Afghanistan

³Department of Engineering Geodesy, Faculty of Geoscience, Bamyan University, Afghanistan

¹دانشگاه بامیان، دانشکده زمین شناسی، دبیرتمنت جغرافیه

²دانشگاه بامیان، دانشکده زمین شناسی، دبیرتمنت جغرافیه

³دانشگاه بامیان، دانشکده زمین شناسی، دبیرتمنت جیو دیزی انجیری

ARTICLE INFO

ABSTRACT



Keywords:

Snow
Landsat
Maximum
Likelihood
Bamyan center

کلید واژه ها: برف، سنجنده لندست، حد اکثر احتمال، مرکز بامیان

Article History:

Received: 01-05-2023

Accepted: 26-12-2023

Published: 11-01-2024

Cite this Article:

Sharafat, A., Toghani, N., & Sirat, M. K. (2024). Investigating changes in snow cover in the center of Bamyan province using satellite images. *Sprin Multidisciplinary Journal in Pashto, Persian & English*, 2(01), 5-11.

<https://doi.org/10.55559/smjpe.v2i01.222>

Studying and measuring changes in snow levels is very important as one of the important sources of water supply. Due to the harsh physical conditions of mountainous environments, it is not possible to make permanent measurements on the ground to estimate the sources of blue snow and create a database. For this reason, it is very important to use satellite images to identify snow catchment areas and evaluate its changes. The data used in this study are Landsat 8 satellite images of the OLI sensor in January and March of 2016 and 2023, the center of Bamyan province. The method used in this study is supervised classification using maximum likelihood algorithm. Examining the maps related to changes in snow cover in January showed that during the studied period, the lowest amount of snow cover is for the month of January 2023, which is 1238/34 square kilometers, while in January 2016, the amount of snow cover is 1264/74 square kilometers and the snow cover will reach 1116/11 square kilometers in March 2016 and 1215/72 square kilometers in March 2023 respectively. This issue shows the changes in the amount of snow cover in the central region of Bamyan province during 8 years and shows the vulnerability of water sources related to snow melting in this region.

چکیده

مطالعه و اندازه گیری تغییرات سطوح برف به عنوان یکی از منابع مهم تأمین آب، بسیار حائز اهمیت است. با توجه به شرایط سخت فیزیکی محیط‌های کوهستانی امکان اندازه گیری دائم زمینی جهت تخمین منابع برف آبی و تشکیل پایگاه داده‌ها وجود ندارد. به همین جهت استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در شناسایی مناطق برف‌گیر و ارزیابی تغییرات آن بسیار مهم می‌باشد. داده‌های مورد استفاده در این مطالعه، تصاویر ماهواره‌ای لندست 8 سنجنده OLI در ماه جنوری و ماه مارچ سال‌های 2016 و 2023 مرکز ولایت بامیان می‌باشد. روش مورد استفاده در این مطالعه از طبقه‌بندی نظارت شده با استفاده از الگوریتم حد اکثر احتمال می‌باشد. بررسی نقشه‌های مربوط به تغییرات پوشش برفی در ماه جنوری نشان داد که در طول دوره‌ای مورد مطالعه، کمترین مقدار پوشش برفی مربوط به ماه جنوری سال 2023 است که مقدارش به 1238/34 کیلومتر مربع و این در حالیکه در ماه جنوری سال 2016 مقدار پوشش برفی 1264/74 کیلومتر مربع است و پوشش برف در ماه مارچ سال 2016 به 1116/11 کیلومتر مربع و به ترتیب در ماه مارچ سال 2023 به 1215/72 کیلومتر مربع می‌رسد. این موضوع نشان دهنده تغییرات در طول 8 سال میزان پوشش برف منطقه مرکز ولایت بامیان بوده و آسیب پذیری منابع آب وابسته به ذوب برف را در این منطقه نشان می‌دهد.

*Corresponding Author:

Email: karim.sirat2014@gmail.com (M. K. Sirat)

<https://doi.org/10.55559/smjpe.v2i01.222>

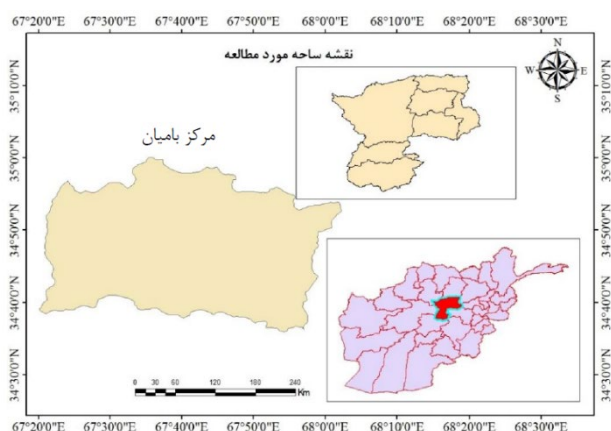
© 2024 The Authors. Published by Sprin Publisher, India. This is an open access article published under the CC-BY license

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

مقدمه

در مطالعه دیگر، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS ارزیابی و پایش منابع آب حاصل از پوشش برف در حوضه‌ی کارپاتیان پرداخته و بدین وسیله آب حاصل از ذوب برف را برآورد نموده اند (Stancalie et al., 2006). در تحقیقی به ارزیابی پوشش برف فصلی برای 8 حوضه در آسیای مرکزی با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS پرداخته اند و به این نتیجه رسیده اند که بیشترین کاهش پوشش برف متعلق به منطقه شان تاین است و دلیل تنوع پوشش برف را ناشی از الگوهای چرخشی متغیر در طول زمستان می‌دانند (Khalsa et al., 2007). در مطالعه‌ای پس از پایش تصاویر سال‌های 2000 و 2006 سنجنده مودیس بر اساس شاخص NDSI میزان پوشش برف و تغییرات آن را در پاتاگونیا شمالی بررسی کرده اند. بر اساس نتایج این مطالعه حد اقل پوشش برف در ماه مارس 2007 با مساحت 3600 کیلومتر مربع و حداکثر پوشش برف متعلق به ماه اوت سال 2001 با مساحت 11323 کیلومتر مربع بوده است (Lopez et al., 2008).

از مطالعات دیگر در این مورد می‌توان به مطالعات آرچر و همکاران¹ (1994)، کلین و همکاران² (1998) و ریگس و همکاران³ (2003) اشاره نمود. در این مطالعه نیز با استفاده از تصاویر سنجنده لندست تغییرات سطح پوشش برف بین سال‌های 2016 و 2023 در منطقه‌ای مرکز بامیان ارزیابی شده است. بر اساس این تحلیل‌ها، نقشه‌های سطوح پوشیده از برف تهیه شده و تغییرات آن در سال‌های مختلف ارزیابی گردیده است.



شکل (1) منطقه مورد مطالعه-مرکز بامیان

منطقه مورد مطالعه

ولایت بامیان یکی از ولایت کوهستانی مناطق مرکزی می‌باشد که در بین 67 درجه و 29 دقیقه و 41 ثانیه طول البلد شرقی و 34 درجه و 33 دقیقه و 22 ثانیه عرض البلد شمالی قرار دارد. ارتفاع این ولایت از سطح بحر بطور اوسط 2500 متر سنجش شده است. ولایت بامیان در 190 کیلومتری شمال غرب کابل و در دامنه شمالی سلسله کوه‌های بابا قرار دارد. در ولایت بامیان به دلیل تفاوت ارتفاع و جهت ناهمواری آب و هوایی متنوع دیده می‌شود یکی از مهم ترین ویژگی‌های آب و هوایی

بررسی تغییرات پوشش برف به عنوان منبع آبی از اهمیت خاص برخوردار است. یکی از پدیده‌های مهم در چرخه هیدرولوژی مناطق کوهستانی، برف است که منبع تأمین کننده آب‌های نوشیدنی و کشاورزی در فصول پر آب و کم آب سال می‌باشد. جریان آب حاصل از ذوب شدن برف به دلیل تأخیری آن و هم‌زمان با باران‌های بهاری باعث بروز سیلاب‌های مخرب می‌شود (اردلانی و همکاران، 1401). بخش اعظم بارندگی‌ها در مناطق کوهستانی به شکل برف نازل می‌شود که در قسمت‌های کوهستانی و غیر قابل دسترس قرار دارند. بنابراین مطالعه‌ای آنها با روش‌های زمینی بسیار هزینه‌بر، طاقت فرسا و در بسیاری موارد ناممکن است، بنابر استفاده از فناوری‌های جدید سنجش از دور ماهواره‌ای در این مطالعات بسیار مفید خواهد بود

(Singer and Popham., 1963). اطلاعات از توزیع زمانی و مکانی برف برای مدیریت بهتری منابع آب و تخریبات ناشی از جریان‌ات تخریب کننده آن در منطقه ضروری می‌باشد (سلیمانی و همکاران، 1397). از نگاه اقلیم شناسان که بررسی تغییرات اقلیمی و عناصر مانند آب و هوا را انجام می‌دهد، بررسی مقدار پوشش برف در زمینه‌ای تغییرات اقلیمی یک گزینه ضروری است (قاسمی، 1401). بازتاب بسیار بالای برف، در مقایسه با سایر سطوح طبیعی (به جز ابر)، امکان اندازه گیری سطح پوشش برف را با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای فراهم می‌کند. که به دلیل این مشخصه خاص برف، سطح پوشش برف نخستین تصاویر از ماهواره هواشناسی TIROS-1 در ماه اپریل 1960 به دست آمد (Singer and Popham., 1963). تولیدات منطقه‌ای پوشش برف، با دقت مکانی یک کیلومتر، به صورت عملیاتی و در 3000 تا 4000 حوضه در آمریکای شمالی توسط مرکز ملی سنجش از دور انجام پذیرفت (Carroll et al., 1999). برف برای نخستین بار در سال 1960 در خاور کانادا توسط ماهواره TIROS-1 سنجش شد، از آن پس این سنجش به وسیله ماهواره‌های با قدرت زمانی بالا چون GEOS و سری‌های لندست انجام پذیرفت (Engman and Gurney, 1991).

رانگو و همکاران در سال 1977 با استفاده از یک روش پردازش تصویر در تصاویر نوا مساحت پوشش برف را طی سال‌های 1969-1973 در حوضه‌ای آبخیز رودخانه‌های سند و کابل در پاکستان و افغانستان تعیین کردند و توانستند بین مساحت پوشش برف در حوضه‌ای آبخیز و دبی رود خانه رابطه‌ای معنی داری پیدا کنند (Rango et al., 1977). با در نظر گرفتن شرایط تغییر اقلیم در حوضه رودخانه‌های کالیفرنیا آمریکا پیش بینی کرد که تا پایان قرن حاضر ذوب برف هر سال زود تر آغاز می‌گردد و ذخایر برف زمستانی 50 درصد کاهش می‌یابد

(Miller et al., 2004). در تحقیقی با کمک تصاویر ماهواره‌ای IRS3 در هندوستان مناطق با پوشش برفی خشک را از تر جدا کردند

(Carroll et al., 1999). در تحقیقی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست به مطالعه‌ای تغییرات زمانی و مکانی الگوی حرارتی شهری شیراز پرداخت و مکان‌های با دمای بالا را تعیین و بررسی نقطه‌ای به منظور ترسیم نقشه و تحلیل کاربری شهری پرداخت (احمدی و همکاران، 1391).

¹ D.R. Archer

² Klein

³ George A. Riggs

دارند، عمده ترین دلیل انتخاب ماهواره‌ای لندست در این تحقیق قدرت تفکیک زمانی و مکانی (30*30 متر) و از نظر طیفی برای آنالیز برف در این محدوده‌ای مطالعاتی مناسب می‌باشد و همچنین دسترسی رایگان به بانگ اطلاعاتی آن کاربرد بیشتری داشته است.

روش انجام کار

کاربرد تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش ازدور در بررسی پوشش برف، با توجه به اهمیت بسیار مهم انتخاب الگوریتم مناسب جهت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای لازم است تا دقت الگوریتم‌های گوناگون در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای مقایسه گردد و الگوریتم‌های دقیق‌تر شناسایی شوند. به همین منظور نظر به مطالعات و تحقیقات انجام شده در مطالعه حاضر، از الگوریتم حد اکثر احتمال جهت طبقه‌بندی و استخراج پوشش برف در محدوده مورد مطالعه استفاده گردید.

پیش پردازش تصاویر ماهواره‌ای

در مرحله‌ای اول نسبت به تصحیح رادیومتریک و تصحیح هندسی تصاویر اقدام گردید، در واقع تصحیح رادیومتریک، تصحیح آن دسته از عوامل است که بروی امواج الکترومقناطیسی رسیده و به سنجنده ماهواره تاثیر می‌گذارد و تصحیح هندسی آن دسته از تصحیح است که به نحوه‌ای تغییر و تبدیل یک تصویر ماهواره‌ای رقومی به صورتی که دارای مقیاس و مختصات شود می‌پردازد. که این عمل تصحیحات در پیش پردازش صورت گرفت.

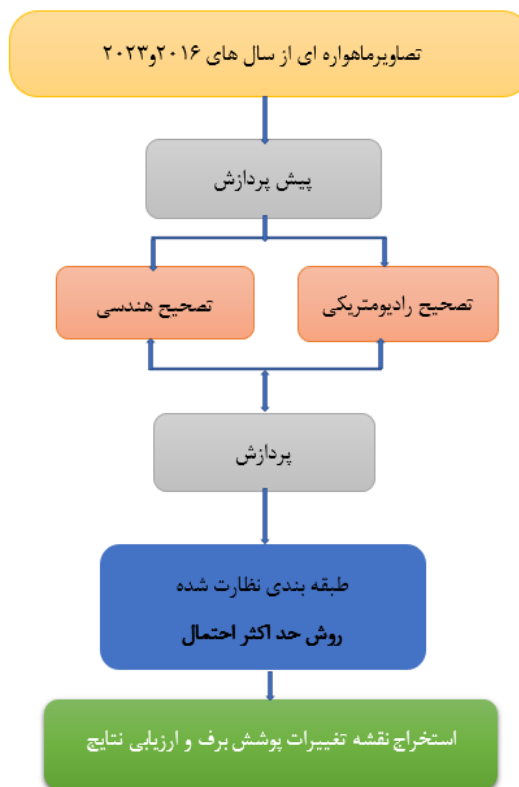
پردازش

طبقه‌بندی: در طبقه‌بندی اطلاعات سعی می‌شود تا با استفاده از نرم افزارهای رایانه‌ای، ارزش طیفی پیکسل‌های تصویر با نمونه‌های آموزشی مقایسه شود و پیکسل‌ها در طبقات قابل تفکیک قرار داده شوند. با توجه به این که هدف اصلی فناوری سنجش ازدور، شناسایی و تفکیک پدیده‌های زمینی است، بنا براین طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای مهمترین مرحله تفسیر اطلاعات ماهواره‌ای محسوب می‌گردد. طبقه‌بندی در واقع کاربرد خواص طیفی یا مکانی تصویر رقومی، برای تقسیم بندی جزئی‌تر تصویر به رده‌های معنی دار با انواع مختلف پوشش است. بیشتر طبقه‌بندی کننده‌های رایج فقط بر اساس رنگ کار می‌کنند چرا که عملکرد آن‌ها بر روی مقادیر منفرد پیکسل در هر طول موج است. هر پیکسل بسته به خواص طیفی آن بدون در نظر گرفتن پیکسل‌های پیرامون، به یک رده، سیما یا نوعی پوشش تخصیص داده می‌شود (Chipman et al., 2000). روش‌های طبقه‌بندی را بر این اساس که آیا از اطلاعات غیر تصویری نیز برای آنالیز تصویر کمک می‌گیرند و یا منحصراً طبقه‌بندی را بر اساس داده‌های تصویر انجام می‌دهند، به روش‌های نظارت شده و نظارت نشده تقسیم می‌کنند. در حقیقت تفاوت این دو روش در این نکته است که آیا کاربر قبل از طبقه‌بندی دخالتی در این فرایند دارد یا خیر؟ در صورت مثبت بودن جواب، طبقه‌بندی جزء روش‌های نظارت شده و در غیر این صورت، طبقه‌بندی جزء روش‌های نظارت نشده قرار می‌گیرد (Abburu & Babu Golla, 2015).

ولایت بامیان سردی هوا در بیشتر نقاط آن است و بخشی از سال دارای یخبندان می‌باشد.

داده‌ها و روش‌ها

جهت بررسی تغییرات پوشش برف، چند سری تصاویر ماهواره‌ای لندست از سال 2016 و 2023 از منطقه‌ای مورد مطالعه تهیه گردید. در انتخاب تصاویر نکاتی مد نظر گرفته شده، بدین ترتیب است که در سال 2016 و 2023 دو ماه جنوری و مارچ به عنوان اساس کار انتخاب گردیده است. این بازه یعنی ماه جنوری شروع برف باری که قبل از آن امکان آب شدن برف وجود دارد و ماه مارچ برای اینکه تمامی سطوح پوشیده از برف می‌باشد انتخاب شده است.

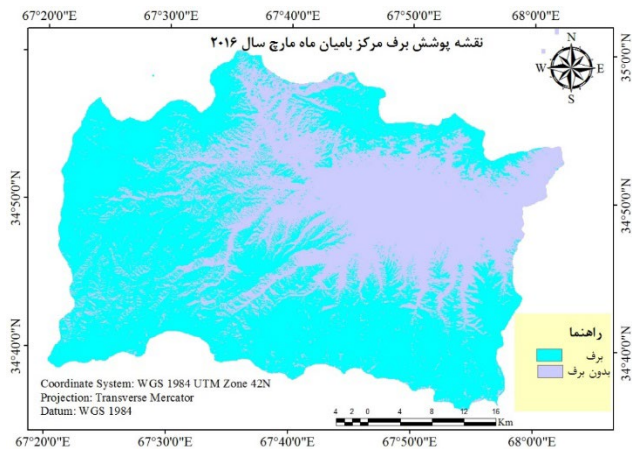


شکل (2) فلوچارت مراحل انجام تحقیق

در اکثر مطالعاتی که در زمینه‌ای تحقیق پوشش برفی صورت گرفته است بیش‌تر با استفاده از داده‌های سنجنده مودیس و نوا و قرار دادن آستانه و محاسبه‌ای شاخص NDSI به بررسی سطوح برف‌گیر پرداخته شده است. و خط پیشروی و پسروی برف را در سال‌های مختلف مطالعه نمودند و با تعیین سطح پوشش برف و پارامترهای هیدرولوژیکی برف به پیش‌بینی رواناب ناشی از ذوب آن پرداختند. برای انجام این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای Landsat OLI /TIRS استفاده شده است. این تصاویر از تارنمای سازمان زمین شناسی ایالات متحده⁴ تهیه گردیده که یکی از متغیرهای بسیار مهم و اساسی در شبیه‌سازی ذوب برف، پوشش برف در منطقه‌ای مورد مطالعه می‌باشد. با توسعه‌ای فناوری سنجش از دور در دهه‌های اخیر پایش پوشش برف تسهیل شده است. سنجنده‌های مختلفی در سنجش پوشش برف کاربرد

⁴ earthexplorer.usgs.gov

شکل 4: نقشه پوشش برف در ماه مارچ سال 2016 میلادی را نشان می‌دهد با محاسبه از طریق روش حداکثر احتمال بر روی تصاویر ماهواره‌ای این ماه انجام گرفت و درصد پیکسل‌های برفی این رقم به 46 درصد و مساحت پوشش برفی این ماه 1116/11 کیلو متر مربع سطح این منطقه را پوشانده است.



شکل (4) نقشه پوشش برفی مرکز بامیان از ماه مارچ سال 2016

جدول دریافت مساحت سال 2016

کلاس	مساحت	ماه	ال
پوشش برفی	1264.74km ²	جنوری	016
بدون پوشش برفی	635.26 km ²		
پوشش برف	1116.11km ²	مارچ	
بدون پوشش برف	783.88km ²		

جدول (1) مساحت سال 2016

نقشه پوشش برف ماه جنوری و ماه مارچ سال 2023 میلادی

شکل 5: نقشه پوشش برفی در مرکز ولایت بامیان ماه جنوری سال 2023 میلادی را نشان می‌دهد. با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده از روش حداکثر احتمال بر روی تصاویر ماهواره‌ای مساحت پوشش برفی در ماه جنوری به مساحت 1238/33 کیلومتر مربع محاسبه شده است.

شکل 6: نقشه پوشش برف در ماه مارچ سال 2023 میلادی را نشان می‌دهد با محاسبه از طریق روش حداکثر احتمال بر روی تصاویر ماهواره‌ای این ماه انجام گرفت و مساحت پوشش برفی این ماه 684/28 کیلو متر مربع سطح این منطقه را پوشانیده است.

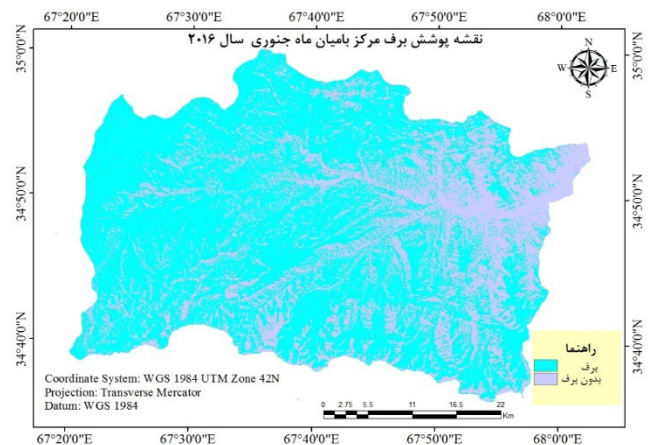
که در این تحقیق از طبقه‌بندی نظارت شده توسط الگوریتم حد اکثر احتمال استفاده شده است.

روش حداکثر احتمال (Maximum Likelihood Classification)

از میان روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده، روش حداکثر احتمال تاکنون به عنوان دقیق‌ترین و پر استفاده‌ترین روش‌ها ذکر شده است (Bolstad & Lillesand, 1991). روش طبقه‌بندی به صورت حد اکثر احتمال طی سه مرحله زیر صورت می‌گیرد:

- 1) محاسبه بردار میانگین، واریانس و همبستگی برای کلاس‌ها در نمونه‌های آموزشی.
- 2) لحاظ کردن پراکندگی پیکسل‌های اطراف بردار میانگین از طریق تابع احتمالات.
- 3) معرفی کل داده‌ها به کلاس‌هایی که حداکثر احتمال عضویت در آن کلاس را داشته باشند.

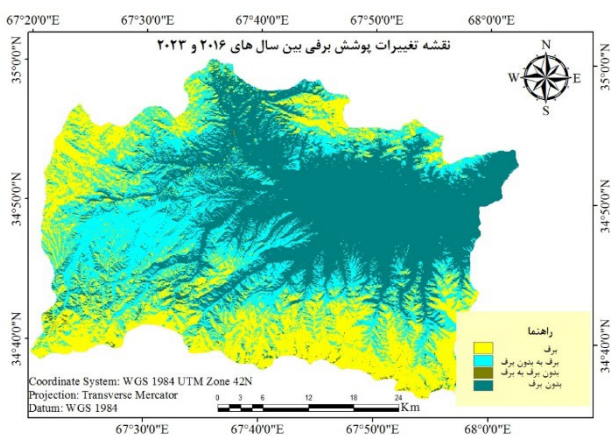
در این روش طبقه‌بندی بر اساس واریانس و کوواریانس انجام می‌شود در روش مذکور فرض بر این است که همه مناطق آموزشی دارای پراکنش نرمال هستند در حقیقت نمونه‌های کلاس‌های آموزشی باید معرف آن کلاس باشند، بنابراین تا حد امکان باید از تعداد نمونه‌های بیشتری استفاده نمود تا تغییرات بسیاری از ویژگی‌های طیفی در این گستره پیوسته قرار گیرد در طبقه حداکثر احتمال، پیکسل مورد نظر به کلاس نسبت داده می‌شود که بیشترین احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس که وجود دارد.



شکل (3) نقشه پوشش برفی مرکز بامیان از ماه جنوری سال 2016

نقشه پوشش برف ماه جنوری و ماه مارچ سال 2016 میلادی

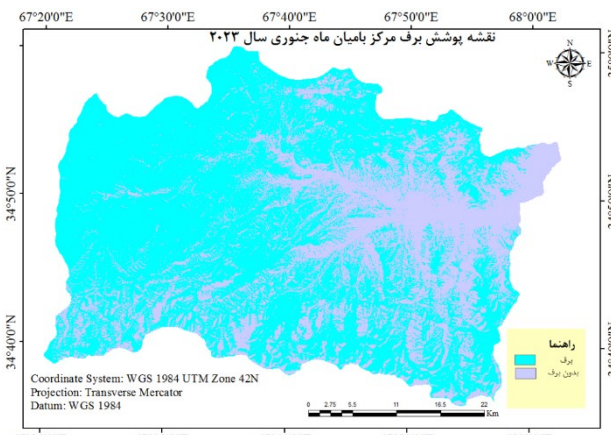
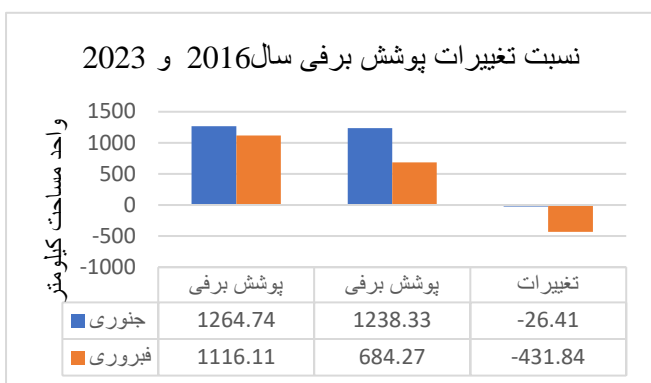
شکل 3: نقشه پوشش برفی در مرکز ولایت بامیان ماه جنوری سال 2016 میلادی را نشان می‌دهد. با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده از روش حداکثر احتمال بر روی تصاویر ماهواره‌ای مساحت پوشش برفی این منطقه در ماه جنوری به مساحت 1264/74 کیلومتر مربع محاسبه شده است این نقشه به عنوان نقشه مبنا برای ماه جنوری در نظر گرفته شده سپس تغییرات سطوح پوشش برفی دیگر سال‌ها بر اساس این نقشه تحلیل گردید.



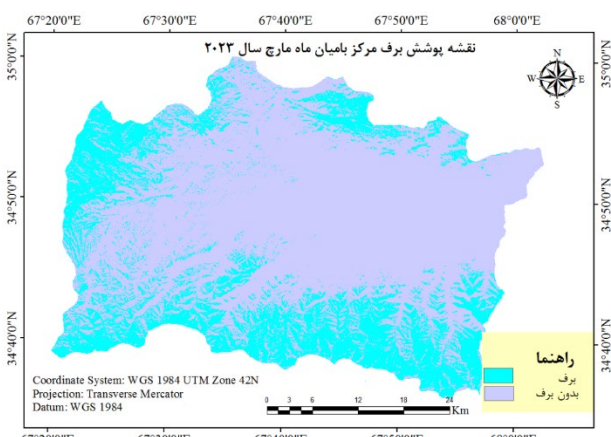
شکل (7) نقشه تغییرات پوشش برفی مرکز بامیان بین سال‌های 2016 و 2023

تغییرات پوشش برفی بصورت گراف که در زیر نمایش داده شده است.

گراف (1) تغییرات پوشش برفی سال 2016 و 2023



شکل (5) نقشه پوشش برفی مرکز بامیان از ماه جنوری سال 2023



شکل (6) نقشه پوشش برفی مرکز بامیان از ماه مارچ سال 2023

بررسی مساحت پوشش برفی و غیر پوشش برفی مرکز بامیان در 2023

سال	ماه	مساحت	کلاس
2023	جنوری	1238.33 km ²	پوشش برف
		661.66 km	بدون پوشش برف
	مارچ	684.27 km ²	پوشش برف
		1215.72 km ²	بدون پوشش برف

جدول (2) مساحت پوشش برف و غیر پوشش برفی سال 2023

بررسی تغییرات پوشش برف بین سال‌های 2016 و 2023

مرحله نهایی تحقیق براساس نقشه تهیه شده در مراحل قبلی یعنی نقشه پوشش برف اقدام به بررسی روند تغییرات برف بین ماه جنوری سال 2016 و ماه جنوری سال 2023 شده است.

صحت سنجی و اعتبارسنجی نتایج

در استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به منظور تهیه نقشه موضوعی، آگاهی از درستی و صحت نقشه‌های تولید شده لازم و ضروری است و برآورد صحت برای درک نتایج بدست آمده و بکاربردن این نتایج برای تصمیم گیری حائز اهمیت است. در این از دو معیار صحت کلی و ضریب کاپا برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی استفاده گردید.

ماتریس خطا

در ادامه ماتریس خطا مربوط به سال‌های 2016 و 2023 مورد بررسی قرار داده شده است. جدول (3) ماتریس خطا روش حداکثر احتمال را در زمان‌های متفاوت نشان میدهد در این طبقه‌بندی روش حداکثر احتمال از دقت کلی و ضریب کاپای بالا برخوردار است.

جدول (3) ماتریس خطا

2023		2016		روش
دقت کلی	ضریب کاپا	دقت کلی	ضریب کاپا	
0/84	88/2	0/86	89/5	حداکثر احتمال

تغییرات زمانی مساحت برف مرکز بامیان

منابع:

- Archer, D. R., Bailey, J. O., Barrett, E. C., & Greenhill, D. (1994). The Potential of Satellite Remote Sensing of Snow over Great Britain in Relation to Cloud Cover: Paper Presented at EGS XVII General Assembly (Edinburgh, GB-April 1992). *Hydrology Research*, 25(1-2), 39-52.
- Abburu, S., & Babu Golla, S. (2015). Satellite Image Classification Methods and Techniques: A Review. *International Journal of Computer Applications*, 119(8), 20-25.
- Bolstad, P. V., & Lillesand, T. M. (1991). Rapid maximum likelihood classification. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 57(1), 67-74.
- Carroll, S. S., Carroll, T. R., & Poston, R. W. (1999). Spatial modeling and prediction of snow-water equivalent using ground-based, airborne, and satellite snow data. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 104(D16), 19623-19629.
- Chipman, J. W., Ullesand, T. M., Gage, J. D., & Radclhie, S. (2000). *Spaceborne Imaging Radar in Support of Forest Resource Management*. 66(11), 1357-1366.
- Engman, E. T., & Gurney, R. J. (1991). *Remote sensing in hydrology*. Chapman and Hall Ltd.
- Klein, A. G., Hall, D. K., & Riggs, G. A. (1998). Global snow cover monitoring using MODIS. *Information for sustainability*, 363-366.
- Khalsa, S. S., Aizen, V. B., Surazakov, A. B., & Aizen, E. M. (2007, December). Changes in Seasonal Snow Cover in Tien Shan During the MODIS Period of Record. In *AGU Fall Meeting Abstracts* (Vol. 2007, pp. GC23A-0984).
- Lopez, P., Sirguey, P., Arnaud, Y., Pouyau, B., & Chevallier, P. (2008). *Snow cover monitoring in the Northern Patagonia Icefield using MODIS satellite images (2000 - 2006)*. 61, 103-116.
- Miller, N. L., Bashford, K. E., & Strem, E. (2004). *CALIFORNIA HYDROLOGY 1*. 95821, 771-784.
- Rango, A., Salomonson, V. V., Foster, J. L., & River, K. (1977). *Seasonal Streamflow Estimation in the Himalayan Region Employing Meteorological Satellite Snow Cover Observations 1*. Kalabagh. 13(1).
- Riggs, G. A., Hall, D. K., & Salomonson, V. V. (2006). MODIS snow products user guide. *NASA Goddard Space Flight Center Rep*, 80, 1-45.
- Singer, F. S., & Popham, R. W. (1963). Non-meteorological observations from satellites. *Astronaut. Aerospace Eng*, 1(3), 89-92.
- Stancalie, G., Catana, S., & Flueraru, C. (2006). Evaluation and monitoring of snow cover water

- تغییرات برف مرکز بامیان برای ماه های جنوری و مارچ از سال های 2016 و 2023 محاسبه شده که نتایج آن برای هر ماه به شرح زیر است.
- (1) جنوری: بیشترین مساحت پوشش برف ماه جنوری 2016 با مساحت 1264/74 کیلو متر و کم ترین مساحت را از ماه جنوری سال 2023 با مقداری 1116/11 کیلومتر برآورد شده.
- (2) مارچ: بیشترین مساحت پوشش برف ماه مارچ در سال 2023 با مساحت 1238/33 کیلومتر و کم ترین مساحت پوشش برفی را در ماه مارچ از سال 2016 با مساحت 684/27 کیلومتر مشاهده شده است.

نتیجه گیری

در این تحقیق از تصاویر ماهواره ای برای اندازه گیری روند پوشش برف مرکز بامیان استفاده شده است. کاربرد تصاویر ماهواره ای و تکنیک های سنجش ازدور در بررسی و پایش پدیده های زمینی مانند برف، با توجه به سریع و ارزان بودن آن ها، دارای اهمیت فراوانی می باشد. با توجه به اهمیت برف در مسائل مختلف زیست محیطی، در این مطالعه از تصاویر ماهواره ای برای اندازه گیری روند تغییرات پوشش برف در مرکز بامیان استفاده شده است. روند این تغییرات با استفاده از داده های ماهواره لندست در سری زمانی 2016 الی 2023 اندازه گیری شد. با توجه به اهمیت بسیار مهم انتخاب الگوریتم مناسب جهت طبقه بندی بعد از تحقیقات و مطالعات الگوریتم حد اکثر احتمال انتخاب و توسط این الگوریتم تصاویر طبقه بندی و تغییرات آن محاسبه گردید.

روند این تغییرات با استفاده از داده های ماهواره لندست اندازه گیری شده که نتایج حاصل از این بررسی بیانگر این موضوع مهم است که مقدار پوشش برف در ماه جنوری 2016 میلادی 1264/74 کیلومتر مربع است. این مقدار پوشش در ماه جنوری سال 2023 میلادی 1116/11 کیلومتر مربع بوده که این مقدار پوشش در ماه مارچ سال 2016 میلادی 1238/33 کیلومتر مربع رسیده است. که این روند کاهش پیدا کرده است. همچنین مقدار مساحت پوشش برف در مارچ سال 2016 میلادی 1116/11 کیلومتر مربع بوده که این مقدار پوشش در ماه مارچ سال 2023 میلادی 684/27 کیلومتر مربع است. که این روند نسبتن افزایش یافته است. بر اساس مساحت های بدست آمده و نقشه های حاصله به طور کلی مساحت پوشش برف در طی دوره آماری روند افزایش داشته است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داده که در مناطق کوهستانی که امکان دسترسی به آمار و اطلاعات مربوط به پوشش برف وجود ندارد، استفاده از سنجش از دور یکی از کاربردهای مؤثر و مطمئن در این زمینه خواهد بود. استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست برای پایش زمانی و مکانی پوشش برف مناسب بوده و از امتیازات محصولات آن قدرت تفکیک مناسب و دسترسی آسان و رایگان است که می تواند در روند برآورد سطح پوشش برف بسیار مؤثر و سودمند باشد.

تهران به کمک سری‌های زمانی داده‌های دورسنجی پژوهش‌های محیط زیست. 13(26), 355-372. سلیمانی، کریم، درویشی، شادمان، شکریان، & رشیدپور. (1397). پایش تغییرات زمانی-مکانی پوشش برف با استفاده از تصاویر MODIS (مطالعه موردی: استان کردستان). نشریه سنجش از دور و GIS ایران، 10(3), 77-104. قاسمی & احمد رضا. (1401). بررسی تغییرات پوشش برف منطقه کوه‌رنگ استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره لندست. پژوهش‌های نوین در مهندسی آب پایدار، 1(2), 13-25.

resources in Carpathian basins using geographic information. In *Security of Water Supply Systems: from Source to Tap* (pp. 125-135). Springer Netherlands.

احمدی، محمود، عاشورلو، داوود & نارنگی فرد. (1391). تغییرات زمانی-مکانی الگوهای حرارتی و کاربری شهر شیراز با استفاده از داده‌های سنجنده TM&ETM+ نشریه سنجش از دور و GIS ایران. 4(4). اردلانی، ارمغان، رایگانی، گشتاسب، نظامی، باقر & جهانی. (1401). مقایسه عملکرد سنجنده‌های مودیس در ماهواره ترا و ماهواره آکوآ در بررسی روند تغییرات پوشش برف استان