Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Analysis of the consequences of climate change on the characteristics of middle Zagros snow cover using remote sensing data

Moslem seydi shahivandi [1] | Kamal omidvar[2]✉ | Gholam ali mozafari[3] | Ahmad mazidi[4]

1. Ph.D. in Climatology, University of Yazd, Yazd, Iran. **E-mail**: m.shahivand@yahoo.com
2. Corresponding author, Professor of Climatology, University of Yazd, Yazd, Iran. **E-mail**: komidvar@yazd.ac.ir
3. Professor of Climatology, University of Yazd, Yazd, Iran. **E-mail:** gmozafari@yazd.ac.ir
4. Assistant Professor of Climatology, University of Yazd,Yazd, Iran. **E-mail:** mazidi@yazd.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received
2022/01/22
Received in revised
2022/06/22
Accepted
2023/04/25
Published
2023/05/06
Published online
2025/05/21

Keywords:
Climate Change,
Snow cover,
Remote Sensing,
Middle Zagros,
Modis Sensor.

ABSTRACT

Climate change is a significant environmental concern due to the sensitivity of glacier melting processes and snow density to climate variations. Currently, a range of satellite sensors, including AVHRR, MODIS, GEOS, and MERIS, are employed for snow monitoring and are extensively utilized to analyze fluctuations and changes in global snow cover. The MODIS sensor is particularly favored for its extensive global spatial coverage, suitable spatial accuracy, and frequent temporal coverage across various scales. Consequently, this study utilizes snow products derived from the MODIS sensor. In this investigation, data on snow-related days from the statistical period of 1989 to 2018 were collected for three provinces: Kermanshah, Ilam, and Lorestan. This data was processed using MODIS snow cover information pertinent to the Middle Zagros region, in conjunction with remote sensing techniques. The study provides a detailed examination of snow cover changes within the specified area. The Normalized Difference Snow Index (NDSI) was employed to detect snow cover within the MODIS sensor products. To differentiate pixels and identify various phenomena, the acquired images were processed using Geographic Information Systems (GIS) technology. Analysis of seasonal snow cover changes using MODIS sensor imagery indicates a significant decreasing trend in the majority of the studied area, particularly in the elevated regions. Notably, only the western and southwestern regions of the study area exhibit no discernible decreasing trend. Furthermore, the examination of snow-covered days throughout the study period reveals a decrease in snow cover in the Middle Zagros, with these changes intensifying in recent years, especially in the snow-covered areas of the region. Changes in snow cover during the winter months, particularly in elevated areas, were observed to be more pronounced compared to other seasons and regions within the study area.

Cite this article: seydi shahivandi, Moslem., omidvar, Kamal., mozafari, Gholam ali., & mazidi, Ahmad. (2025). Analysis of the consequences of climate change on the characteristics of middle Zagros snow cover using remote sensing data. Journal of *Applied Researches in Geographical Sciences*, 25 (77), 22-43. DOI: http://dx.doi.org/10.61186/jgs.25.77.7

© The Author(s). Publisher: Kharazmi University
DOI: http://dx.doi.org/10.61186/jgs.25.77.7

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jgs.25.77.9]

Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Extended Abstract

Introduction

It is imperative to analyze the temporal and spatial variations of snowfall to effectively monitor water resources and engage in future planning. A significant portion of the water required for global agricultural activities is derived from the melting of winter snowfall. Beyond its agricultural significance, snow assumes an even more critical role in supplying drinking water during drought years in regions characterized by arid and semi-arid climatic conditions. In high mountainous areas, snow constitutes the predominant form of precipitation, and its fluctuations have consequential effects on various atmospheric phenomena, agricultural practices, and even tourism. Additionally, snow serves as a vital contributor to river flows during the spring and summer months. Consequently, the presence and longevity of snow are integral to numerous environmental and socio-economic systems, particularly within the mountainous regions of the Zagros. Thus, snow can be regarded as a climatic element whose spatial and temporal variability, alongside precise data regarding snow cover, yields valuable insights into climatic and hydrological conditions essential for comprehending the intricacies of the climate system and the water cycle and their respective alterations.

Material and Methods

In this research, snow cover products from the MODIS sensor were utilized. Initially, the MOD10A1 snow day data, with a spatial resolution of 500 by 500 meters in HDF format, were obtained from https://search.earthdata.nasa.gov/. This product is updated daily. The present study employed the hdftools command within MATLAB software to read the MOD10A1 data. The snow day data are available in a sine coordinate system and are organized into separate tiles. Among all available tiles, six tiles designated as H21v05, H22v05, H23v05, H21v06, H22v06, and H23v06 collectively cover the entire region of Iran, with each tile measuring 500 × 500 km. These tiles are combined through a process known as mosaic tiling, which facilitates the mapping and processing of data. without combining the tiles. Two tiles, H21v05 and H22v05, were utilized to analyze the study area. These two tiles encompass the three provinces of Lorestan, Kermanshah, and Ilam. The total number of 500-meter MODIS sensors across these three provinces amounts to 341,470. In the MODIS snow cover dataset, values ranging from 0 to 100 represent the daily normalized difference snow index (NDSI) snow cover. A value of 200 is designated for missing data, while unknown data is denoted by the code 201. Additionally, inland waters of continents are identified with the code 237, oceans with the code 239, and clouds with the code 250. Values between 0 and 100 were employed for the analysis of the study area. Cells located outside the study area were excluded from the dataset. Each tile measures 2400 by 2400 pixels, which can be achieved by combining two matrices of 4800 by 2400 pixels.

Results and Discussion

The percentage of snowy days during the winter months in the study area indicates that the highest proportion of snowy days in the Middle Zagros occurs in this season. Specifically, half of the Kermanshah and Lorestan provinces experience snowy days. The peak number of snow cover days is observed in January, with 76% occurring in the southeastern and northwestern regions of the study area. The Oshtrankooh heights and other rugged terrains in the eastern half of the study area typically exhibit 60 to 75% snow cover days. Overall, during this month, the eastern and northern halves of

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jgs.25.77.9]

Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

the region experience the most snowy days; conversely, the southern and western halves rarely encounter such conditions due to lower elevations. An analysis of the seasonal trend of snowy days in spring indicates a general decreasing trend in snow-covered days across most of the study area. However, approximately 14% of the study area exhibits a significant decrease in snow-covered days. The analysis of the seasonal trend of snowy days in summer reveals a limited number of snowy days; consequently, the manifestations of both decreasing and increasing trends are less pronounced, yielding no significant findings. The examination of the seasonal trend of snowy days in autumn indicates a slightly different pattern compared to spring and summer. Approximately 40% of the study area demonstrates a decreasing trend in snowy days, with some regions exhibiting significant declines that correspond with reductions in snow accumulation in these elevations. The results from the analysis of the seasonal trend of snowy days in winter indicate that most areas of the study region experience a significant decreasing trend at the 0.05% level. In the eastern parts of the study area, decreasing trends are observable at the 0.01% level, suggesting a substantial decline in the trend of snow-covered days in the rangelands of the study area. To elucidate the changes occurring during the study period for which satellite data and remote sensing are available (2000-2020), the period was divided into five-year intervals, and the changes across these intervals were examined. The results indicate that during the second period (2005-2009), the average percentage of snow-covered days declined compared to the first period (2000-2004). Notably, changes in subsequent periods relative to earlier intervals and the first period are also significant. From a maximum of 47% in the 2000-2004 period, the percentage of snow-covered days decreased to 42% by the end of the statistical period. Thus, it can be concluded that the number of snow-covered days has diminished throughout the period under review, with these changes intensifying in recent years.

Conclusion

The western strip of Iran is recognized as one of the country's snowy regions, primarily due to its topographic conditions and geographical location. This study utilized distance measurement techniques to investigate snow cover changes in the Middle Zagros over a statistical period from 1989 to 2018, analyzing the data on a monthly, quarterly, and periodic basis. The subsequent sections will discuss the conclusions derived from these analyses. In this research, statistical data regarding the number of days with snow during the specified period were collected for three provinces: Kermanshah, Ilam, and Lorestan. This data was obtained using snow cover information from the MODIS sensor in the Middle Zagros, processed through remote sensing techniques. The results were thoroughly analyzed, leading to an in-depth examination of the changes in snow cover within the study area. An analysis of snow cover changes across different seasons, utilizing MODIS sensor images, indicates a significant decreasing trend throughout most of the study area, particularly in the highlands. Conversely, the western and southwestern regions do not exhibit a noteworthy decreasing trend. Furthermore, the investigation into the number of snow-covered days during the research period reveals a decline in snow cover in the Middle Zagros, with these changes intensifying in recent years, especially in the snow-covered areas of the region. Based on the findings from monthly, seasonal, and annual analyses, it can be concluded that snow cover has diminished during the reviewed period, with these changes becoming more pronounced in recent years. Additionally, alterations in snow cover during winter, particularly in elevated regions, were found to be more severe compared to other seasons and areas within the study region.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jgs.25.77.9]

تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی
شاپا چاپی: ۲۲۲۸-۷۷۳۶ شاپا الکترونیکی: ۲۵۸۸-۵۱۳۸
https://jgs.khu.ac.ir/

واکاوی پیامد تغییرات اقلیمی بر ویژگی برف‌پوشان زاگرس میانی با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور

مسلم صیدی شاهیوندی[۱]، کمال امیدوار[۲]✉، غلامعلی مظفری[۳]، احمد مزیدی[۴]

۱. دکتری اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: m.shahivand@yahoo.com
۲. نویسنده مسئول، استاد اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: komidvar@yazd.ac.ir
۳. استاد اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: gmozafari@yazd.ac.ir
۴. دانشیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: mazidi@yazd.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۱۱/۰۲
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۱/۰۴/۰۱
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۰۲/۰۵
تاریخ انتشار:
۱۴۰۲/۰۲/۱۶
تاریخ انتشار آنلاین:
۱۴۰۴/۰۴/۰۱

کلیدواژه‌ها:
تغییر اقلیم،
برف‌پوش،
سنجش‌ازدور،
زاگرس میانی،
سنجنده مودیس.

چکیده

تغییر اقلیم مسئله زیست‌محیطی مهمی است زیرا فرآیندهای ذوب یخچال‌ها و تراکم برف به تغییر اقلیم حساس هستند. امروزه انواع حس‌گرهای ماهواره‌ای از جمله AVHRR,MODIS,GEOS,MERIS برای پایش برف در دسترس‌اند و به‌طور گسترده‌ای برای بررسی و نوسانات و تغییرات پوشش برفی در سطح جهانی مورداستفاده قرار می‌گیرند. در این بین سنجنده MODIS به دلیل پوشش فضایی جهانی با دقت مکانی مناسب و پوشش مکرر زمانی در مقیاس‌های مختلف بیشتر موردتوجه قرارگرفته است. ازاین‌رو در تحقیق حاضر از محصولات برف این سنجنده استفاده گردید. در این بررسی پس از جمع‌آوری آمار و اطلاعات مربوط به روزهای همراه با برف در طول دوره آماری (۲۰۱۸-۱۹۸۹) در سطح سه استان کرمانشاه، ایلام و لرستان با استفاده از داده‌های پوشش برف سنجنده مودیس در زاگرس میانی و همچنین فنون سنجش‌ازدوری پردازش شدند و نتایج حاصل مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. در محصولات سنجنده MODIS برای آشکارسازی پوشش برف از شاخص NDSI استفاده شد. بررسی روند تغییرات برف‌پوش در فصول مختلف با استفاده تصاویر سنجنده مودیس نشان می‌دهد که بیشتر منطقه موردمطالعه در این زمینه دارای روند کاهشی معنی‌دار به‌ویژه در نواحی مرتفع منطقه موردمطالعه می‌باشد و فقط در نواحی غربی و جنوب غربی منطقه موردمطالعه روند کاهشی مشخصی مشاهده نمی‌شود. همچنین بررسی روزهای برف‌پوشان در طول دوره موردبررسی حاکی از کاهش برف‌پوشان زاگرس میانی است و این تغییرات در سال‌های اخیر به‌ویژه نواحی برف‌گیر منطقه نیز تشدید شده است. همچنین تغییرات در فصل زمستان و مناطق برف‌گیر و مرتفع نسبت به فصول دیگر و مناطق دیگر در سطح منطقه موردمطالعه بیشتر و شدیدتر بوده است.

استناد: صیدی شاهیوندی، مسلم ؛ امیدوار، کمال؛ مظفری، غلامعلی؛ و مزیدی، احمد (۱۴۰۴). واکاوی پیامد تغییرات اقلیمی بر ویژگی برف‌پوشان زاگرس میانی با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۷۷ (۲۵)، ۴۳-۲۲. http://dx.doi.org/10.61186/jgs.25.77.7

CC BY NC

ناشر: دانشگاه خوارزمی تهران.
© نویسندگان.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jgs.25.77.9]

مقدمه

برف حاصل نهشت بخار آب در دمای کمتر از نقطه انجماد است؛ که یکی از شکل‌های مهم بارش و از فراسنج‌های بنیادی چرخه هیدرولوژی مناطق کوهستانی و برف‌گیر به شمار می‌رود. نقش برف برای حفاظت تنوع زیستی نیز انکارناپذیر است و تغییرات مقدار پوشش برف زندگی جانوری و گیاهی و ساختار اکوسیستم‌های را از طریق دسترسی به آب و کنترل شرایط لایه‌مرزی متأثر می‌سازد. بررسی تغییرات زمانی و مکانی ریزش‌های برفی برای پایش منابع آب و برنامه‌ریزی مناسب برای آینده لازم است. بخشی از آب موردنیاز برای کشاورزی در جهان از ذوب برف‌های باریده شده در زمستان تأمین می‌شود. علاوه بر کشاورزی، برف در تأمین آب شرب در سال‌هایی که خشک‌سالی بر منطقه حکم‌فرما و شرایطی کلی آب‌وهوایی آن منطقه خشک و نیمه‌خشک باشد، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. پوشش برف اثرات قابل‌توجهی در آب‌وهوا، مانند اثر انرژی تابشی منطقه و گردش جوی و حرارتی دارد و هرگونه تغییرات در اقلیم ممکن است زمان، میزان و توزیع برف در دراز مدت عواقب زیست‌محیطی و اقتصادی داشته باشد (تریهورن و همکاران[1]، ۲۰۱۳) برف مهم‌ترین گونه بارش در مناطق کوهستانی مرتفع است که افزایش و کاهش آن فعالیت‌های دیگر پدیده‌های اتمسفری، کشاورزی و حتی گردشگری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ضمن آنکه برف منبع مهمی برای تغذیه جریان‌هایی رودخانه‌ای در بهار و تابستان است (نکونام و مزیدی، ۱۳۸۹). ضریب انعکاس بالای برف موجب بازتاب بخش زیادی از پرتوهای ورودی خورشیدی به زمین بوده و موجب تدریجی شدن فرآیند گرم شدن در بهار می‌شود (تکلی،[2] ۲۰۰۵). ازاین‌رو برف و مدت‌زمان ماندگاری آن نقش کلیدی در بسیاری سیستم‌های زیست‌محیطی و اقتصادی –اجتماعی به‌ویژه در نواحی کوهستانی زاگرس دارد. بنابراین می‌توان برف را یک عنصر اقلیمی دانست که با تغییرپذیری مکانی و زمانی آن و اطلاع دقیق از پوشش برفی اطلاعات ارزشمندی از شرایط اقلیمی و هیدرولوژیکی فراهم می‌آورد که برای فهم جزئیات سامانه اقلیم و چرخه آب همراه تغییرات آن‌ها ضروری است. این امر به‌ویژه در نواحی کوهستانی زاگرس که آب حاصل از ذوب برف نقش مهمی در روان آب‌ها دارد ضرورت پیدا می‌کند که می‌توان آن را عملیاتی محوری و اساسی در زمینه مدیریت منابع آب و کنترل سیلاب‌ها در زاگرس در نظر گرفت ازاین‌رو تحقیق حاضر سعی دارد با استفاده از روش‌های ترکیبی، ارتباط تغییرات پوشش برف در منطقه زاگرس میانی با تغییرات گردشی جو را واکاوی نماید. (سالمونسون و اپل[3]، ۲۰۰۴) نقشه‌های سطح پوشش برف را از تصاویر سنجنده مودیس و با استفاده از شاخص NDSI در حد زیر پیکسل تهیه نمودند. منطقه موردمطالعه در این تحقیق شامل سه بخش آلاسکا، سیبری و کانادا بود. در این تحقیق ابتدا تصاویر با قدرت تفکیک ۵۰۰ متر مبنا قرار گرفت و با استفاده از شاخص NDSI نقشه‌های سطوح برف استخراج شد. سپس با بهره‌گیری از تصاویر سنجنده +ETM با قدرت تفکیکی ۳۰ متر (به‌عنوان نقشه واقعیت زمینی) درصد پوشش برف در شبکه‌های ۵۰۰ متری محاسبه شد در نهایت یک رابطه رگرسیونی بین مشاهدات NDSI و درصد پوشش برف برقرار گردید. نتایج پوشش برف نشان داد که میانگین خطای مطلق این روش کمتر از ۰/۱ می‌باشد. (وانگ و همکاران[4] ۲۰۰۹) در پژوهشی برای واکاوی وضعیت یخچال‌های دائمی در زینگ جان در کشور چین داده‌های مودیس ترا و مودیس آکوا را برای بازه زمانی ۲۰۰۱-۲۰۰۵ به کار گرفتند. به سبب اینکه ماه آگوست در پهنه دارای بالاترین دما و کمترین پوشش ابر است، تنها این ماه برای وضعیت یخچال‌های دائمی بررسی شد. بررسی‌ها نشان داد طی بازه زمانی موردبررسی کمترین پهنه یخچالی با گستره ۲۳۸۰ کیلومترمربع در بلندی‌های بالاتر از ۴ کیلومتر دیده می‌شود. (یانگ و همکاران[5]، ۲۰۱۴) به پایش سطح پوشش برف کشور چین با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای هواشناسی چینی پرداختند. در این تحقیق از داده‌های ماهواره‌ای هواشناسی چینی Fengyun-2D , Fengyun-2E و Fengyun-3B جهت تهیه نقشه‌های پوشش برف استفاده شد. در روش جدیدی که برای کشف اطلاعات پوشش برف به کار رفت، از ترکیب رادیومتر مرئی و مادون‌قرمز spin scan Visible and infrared radiometer در ماهواره FY-2D و Fy-2E و تصویر تابش ماکروویو MicroWave Radiation

1. Tryhorn et al
2. Tekeli
3. salmonosin and apple
4. wang.et al
5. yang et.al

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jgs.25.77.9]

Emager در ماهواره مدار قطبی Fy-3B استفاده شد. پوشش برف برآورد شده توسط ماهواره‌های Fengyung با محصولات پوشش برف MODIS و IMS مقایسه شد. نتایج نشان داد که استفاده ترکیبی از داده‌های FY-2D و FY-2E تاری اثر ابرها را تا ۳۰/۴۷ درصد در مقایسه با محصولات MODIS کاهش داده است. مطابق صحت سنجی انجام یافته، دقت تصاویر پوشش برف نهایی ۹۱/۲۸ درصد به دست آمد.(سلکوویتز و فارستر[6]، ۲۰۱۶) با استفاده از شاخص NDSI و اعمال برخی پردازش‌های دیگر بر روی تصاویر Landsat -TM و ETM نقشه‌های پوشش برف و یخ را در مناطق واقع در عرض‌های بالا (قطب شمال) تهیه کردند. در این پژوهش از تصاویر دریافت شده طی ۵ سال (۱ اوت تا ۱۵ سپتامبر) استفاده شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، روش ارائه شده در این مطالعه توانایی قابل قبولی در تهیه نقشه‌های پوشش برف و یخ دائمی در عرض‌های بالا دارد، به‌ویژه زمانی که دسترسی به منابع بسیار دقیق و پایش سنتی برف و یخچال طبیعی وجود نداشته باشد.

(دینی و همکاران، ۱۳۸۶) با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای نووا سنجنده AVHRR و ماهواره ترا سنجنده MODIS و به‌کارگیری دو روش قرار دادن آستانه در داده‌های AVHRR و MIDIS اقدام به شناسایی سطوح برف‌گیر در ارتفاعات البرز مرکزی نمودند. در این تحقیق اساس تفکیک ابر و برف، اختلاف انعکاس آن‌ها در محدوده طول‌موج‌های مرئی و مادون‌قرمز بود. برای جداسازی برف از سایر نواحی شاخص NDSI به کار گرفته شد. با استفاده از داده‌های AVHRR در تاریخ ۱۳۸۳/۱/۶ مساحت سطوح برف‌گیر ۵۳۰۳ کیلومترمربع و با استفاده از داده‌های MODIS در تاریخ ۱۳۸۲/۱/۳ سطوح برف‌گیر البرز مرکزی با پوشش کامل، ناقص و پوشش ابر به ترتیب ۹۹۴، ۲۵۷۰، ۲۵۰۵ کیلومترمربع محاسبه گردید. در پایان نیز با استفاده از همبستگی بین عناصر اقلیمی دمای ۲/۹ درجه سانتی‌گراد به‌عنوان آستانه ریزش برف و ارتفاع متناظر صفر درجه به‌عنوان خط ماندگاری برف محاسبه شد.

رایگانی و همکاران، ۱۳۸۷ نقشه پوشش برفی را با استفاده از تصاویر مودیس و شاخص NDSI برای حوضه آبخیز سد زاینده‌رود تهیه نمودند. در این پژوهش از ۱۴ تصویر برای سال‌های ۸۳-۸۲ استفاده شد. به کمک مدل رقومی ارتفاعی منطقه DEM و ایجاد روابط رگرسیون میان درجه حرارت، ارتفاع و تصویر جهت شیب تغییرات سطوح برف دار در تاریخ‌های که تصاویر مودیس موجود نبود به دست آمد. بدین منظور برای روز ۵ اسفند ۱۳۸۲ که داری تصویر مناسب بود از این روش سطح پوشیده از برف برآورد گردید که در مقایسه با تصویر مذکور درستی و صحت روش مذکور تأیید گردید.

متکان و همکاران، ۱۳۸۷ به ارزیابی شاخص جهانی پوشش برف برای مطالعه سطح پوشش برف در دو حوضه آبخیز سد کرج و لتیان با استفاده از تصاویر ماهواره‌های MODIS و IRS مربوط به تاریخ ۲۰۰۷/۱/۲۴ پرداختند. بهترین دقت ۰/۹۲ مربوط به نقشه حاصل از آستانه ۰،۴۵ به دست آمد . نتایج نشان داد که آستانه پیشنهادی ناسا برای مطالعه پوشش برف در مقیاس منطقه‌ای مناسب نبوده و در تحقیقات باید به این نکته توجه گردد. (فتاحی و وظیفه دوست، ۱۳۹۰) به پایش سطح پوشش برف و دمای سطح برف حوضه‌های آبریز استان گلستان با استفاده از داده‌های سنجنده مودیس طی دوره آماری ۹ ساله (۸-۲۰۰۰) پرداختند. به‌منظور تعیین پتانسیل ریزش و ذوب برف از الگوریتم دمای سطح برف با استفاده از باندهای حرارتی ۳۱، ۳۲ مودیس و برای تشخیص سطوح پوشیده شده برف شاخص NDSI به کار گرفته شد. نتایج تحقیق نشان داد با توجه به دقت زمانی و مکانی تصاویر ماهواره مودیس و قابل‌دسترس بودن این تصاویر از طریق اینترنت برای پایش سطح پوشش برف مناسب هستند؛ بنابراین با اجرای الگوریتم‌های بکار رفته می‌توان سطح پوشش برف را به‌صورت به هنگام پایش کرد و نتایج آن را در مدیریت منابع آب، کشاورزی، گردشگری، مدیریت مخازن و سامانه‌های هشدار سیل بکار گرفت. (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۱) نتایج حاصل از آشکارسازی پوشش برف در کشور را با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده مودیس بررسی نمودند. برای این منظور محصول روزانه پوشش برف مودیس در یک دوره ۱۰ ساله (۲۰۱۰-۲۰۰۱) برای نمایش نواحی پوشیده از برف بکار برده شد. نتایج روند ۱۰ ساله پوشش برف نشان داد که در تمامی مناطق کوهستانی و

[6] selkovitz and forster

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jgs.25.77.9]

برف خیز کشور طی ۱۰ سال گذشته کاهش چشم‌گیری در بارش برف روی داده است. (میرموسوی و صبور، ۱۳۹۳)، به پایش تغییرات پوشش برف با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس در منطقه شمال غرب ایران برای سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۰۰ میلادی پرداختند. در این منطقه از شاخص NDSI طبقه‌بندی‌های نظارت نشده و نظارت شده به‌عنوان روش استفاده شد. بررسی نقشه‌های مربوط به تغییرات پوشش برف در ماه آوریل نشان داد که در طول دوره موردمطالعه کمترین مقدار پوشش برف مربوط به سال ۲۰۰۸ با ۱۰۴۰ کیلومترمربع و بیشترین مساحت مربوط به سال ۲۰۰۷ با ۱۰۴۷۱ کیلومترمربع می‌باشد. (ایلدرمی و همکاران، ۱۳۹۴)، از طریق شاخص NDSI با اعمال آستانه‌های به شناسایی و تفکیک سطوح پوشیده از برف حوضه آبخیز بهار در استان همدان به‌واسطه تصاویر سنجنده MIDIS پرداختند. نقشه‌های سطح پوشیده از برف در این تحقیق با احتساب خطای شاخص NDSI به‌طور متوسط دارای خطای کمتر از ۲۰ درصد بودند. در این پژوهش به تحلیل ماهواره‌ای و روند تغییرات پوشش برفی بر اساس تصاویر سنجند مودیس در زاگرس میانی پرداخته خواهد شد سپس به بررسی داده‌های روزهای برف‌پوشان سنجنده مودیس از تارنمای ناسا[۷] جهت ایجاد پایگاه داده ماهواره‌ای پرداخته می‌شود. داده‌های سنجش‌ازدور منبع داده‌های ماهواره‌ای و سنجش‌ازدوری این پژوهش، سنجنده مودیس است. این سنجنده اصلی‌ترین سنجنده یک سری از ماهواره‌هاست که تحت برنامه EOS[۸] به فضا پرتاب شده‌اند. این ابزار به‌وسیله قسمت سیستم‌های الکترونیکی ریثیون[۹] موسسه سنجش‌ازدور سانتا باربارا[۱۰] با مشخصات تعیین شده به‌وسیله NASA ساخته شده است. وظیفه آن تهیه محصولات داده‌های طولانی‌مدت از سطح زمین با توان تفکیکی طیفی بالا و توان تفکیکی مکانی متوسط است. اهداف کلیدی آن مطالعه جهانی پوشش گیاهی و پوشش زمین، تغییرات جهانی سطح زمین و اتمسفر، مشخصات گیاهان، آلبدوی سطحی، دمای سطح زمین و پوشش برف و یخ روزانه یا تقریباً روزانه می‌باشد (کلین و همکاران[۱۱]، ۱۹۹۸). برف در مناطق کوهستانی دارای اهمیت ویژه‌ای است و مناطق کوهستانی غرب و زاگرس میانی آب حاصل از ذوب برف‌ها برای جریان رودخانه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. طبق بررسی‌های به‌عمل‌آمده حدود ۶۰ درصد آب‌های سطحی و ۵۷ درصد از آب‌های زیرزمینی کشور در مناطق برف‌گیر کشور تأمین می‌شود. منطقه زاگرس میانی دروازه ورود توده‌های هوای مختلف مرطوب از مدیترانه و اروپای شرقی به ایران است. با این ویژگی و کوهستانی بودن منطقه شاهد دماهای پایین و بارش برف در نواحی کوهستانی این منطقه می‌باشد. به دلیل نزدیک بودن به منابع رطوبتی از جمله دریای مدیترانه و دریای سیاه متوسط بارش‌ها بالای ۳۵۰ میلی‌متر بوده که این موجب شکل‌گیری جریان رودخانه‌های بزرگ در منطقه می‌شود. زاگرس میانی که سرمنشأ، مهم‌ترین حوضه آبریز کشور و سرچشمه مهم‌ترین و بزرگ‌ترین رودهای ایران به سمت جنوب و جنوب غرب کشور می‌باشد این شرایط بیانگر این است که بخش عمده‌ای از آب‌های سطحی حاصل از ذوب برف تأمین می‌گردد. به دلیل ناهمواری و کوهستانی بودن منطقه زاگرس میانی و همچنین سیل‌خیز بودن منطقه به جهت بارندگی همراه با رواناب‌های ناشی از ذوب فصلی برف به‌طور مکرر به سیلابی شدن رودخانه‌های این منطقه منجر می‌شود. در مجموع هدف از تحقیق حاضر واکاوی اثر تغییرات پوشش برف در زاگرس میانی با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور می‌باشد. هدفی که نتایج آن می‌تواند در جهت پیش‌بینی و برنامه‌ریزی منابع آب سطحی و زیرزمینی همچنین خشک‌سالی و جلوگیری از خسارت ناشی از سیل‌خیز بودن رودخانه‌های این منطقه که بخش عمده‌ی آن به خاطر ذوب برف در ارتفاعات این منطقه می‌باشد کمک کند.

1. https://search.earthdata.nasa.gov/
2. Observing System NASAs Earth
3. Raytheon Elctronics Systems
4. Santa Barbara
5. Klein.et al

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

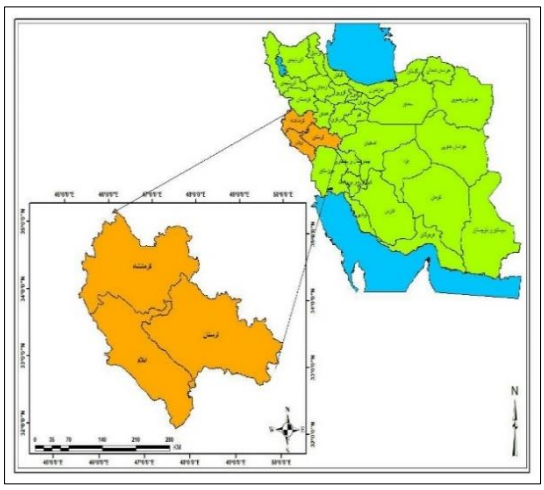
[DOI: 10.61186/jgs.25.77.9]

روش‌شناسی

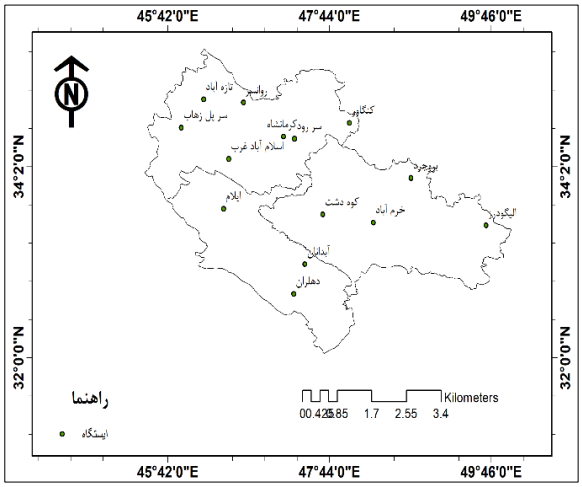
بررسی ماهواره‌ای و سنجش‌ازدوری

سنجش‌ازدور و استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای در چند دهه اخیر رشد سریع و چشمگیری یافته است که در رشته‌های مربوط به علوم زمینی کاربرد وسیعی دارند، به‌خصوص در مواردی که اطلاعات زمینی وجود نداشته یا به‌روز نبوده و تغییرات سریع را نشان نمی‌دهد. می‌توان از این اطلاعات بهره‌مند شد. به دلیل پایش مداوم سطوح برف‌گیر، استفاده از ماهواره‌های که دوره بازگشت آن‌ها کوتاه است مانند NOAA که داشتن چند سری داده از یک منطقه در روز و MODIS با یک سری داده از یک منطقه پس از گذشت حداکثر دو روز معمول است. سنجنده MODIS در مقایسه با AVHRR قدرت تفکیکی بهتری داشته و باندهای طیفی بیشتری دارد و در ضمن تفکیک ابر در تصاویر این سنجنده بهتر انجام می‌گیرد به همین علت در یک تصویر دارای ابر و برف از نظر تفکیک با این ماهواره مشکل کمتری پیش می‌آید. منبع داده‌های ماهواره‌ای و سنجش‌ازدوری این پژوهش، سنجنده مودیس است. محصولات برف سنجنده MODIS در قالب دو زیرمجموعهMOD10A1 MOD10A2، عرضه می‌شود و در سایت مرکز ملی برف و یخ ناسا (NSIDC) فایل دانلود می‌باشند. قدرت تفکیک این محصولات ۵۰۰*۵۰۰ متر می‌باشد و تصاویر با فرمت HDF قابل ارائه می‌باشند. زاگرس میانی در این پژوهش شامل استان‌های لرستان، کرمانشاه و ایلام می‌باشد که جمعاً مساحت آن‌ها حدود ۷۳۴۲۵ کیلومترمربع می‌باشد. شکل (۱) موقعیت زاگرس میانی را در ایران نشان می‌دهد.

موقعیت منطقه موردمطالعه



شکل (۱). موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه



شکل(۲). موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی موردبررسی

شاخصNDSI

شاخص تفاضلی نرمال شده برف NDSI یک نمایه عددی است که پوشش برف بر روی اراضی را مشخص می‌کند. باندهای طیفی سبز و مادون‌قرمز موج‌کوتاه مورداستفاده قرار می‌گیرند تا اینکه نقشه پوشش برف ترسیم شود. ابرها و برف عمده تابش ورودی را در محدوده باند مرئی را منعکس می‌کنند. این وضعیت شاخص NDSI را قادر می‌سازد که برف را از ابر تشخیص دهد، این شاخص معمولاً در نقشه‌کشی پوشش برف و یخ مورداستفاده قرار می‌گیرند. شاخص NDSI برای تشخیص برف و یخ و همچنین برای جداسازی برف و یخ از بیشتر ابرهای از نوع انباشته‌ای استفاده می‌شود. این شاخص در واقع معیاری برای مقدار نسبی خواص تفاضلی می‌باشد که بازتابش بین باندهای مرئی و مادون‌قرمز طول‌موج کوتاه برف صورت می‌پذیرد. این

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jgs.25.77.9]

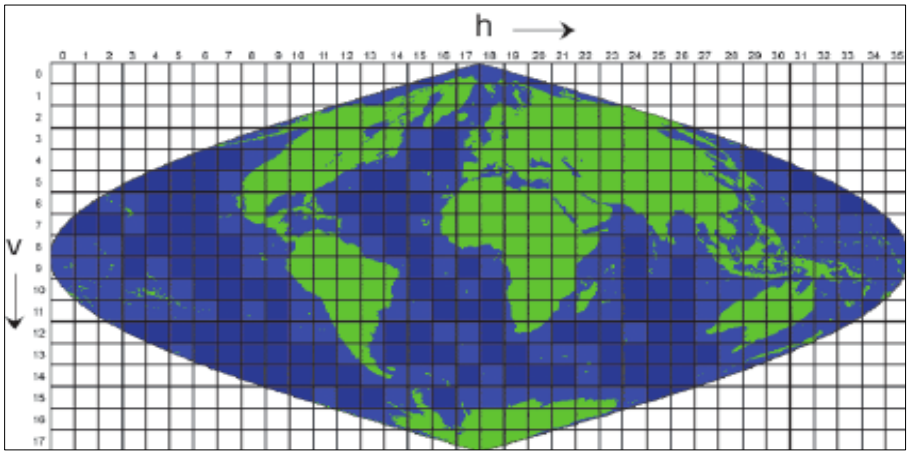
ابزار به گستره بزرگی از شرایط نوردهی غیرحساس است، نسبت به تأثیرات اتمسفری نرمالیزه شده می‌باشد و به بازتابش در یک باند بستگی ندارد و می‌توان گفت به سفیدی پیکسل وابسته است. در فرآورده مودیس روزهای برف‌پوشان MOD10A1 از این شاخص استفاده شده است که در این پژوهش نیز از این شاخص استفاده گردید. این شاخص از شاخص معروف NDVI نشئت می‌گیرد. برف خالص دارای NDSI بالا می‌باشد، ولی با مخلوط شدن آن با دیگر مواد (نظیر خاک، دود و غیره) از میزان آن کاسته می‌شود.

فرآورده‌های پوشش برف سنجنده مودیس

سنجنده مودیس که بر روی ۲ ماهواره Terra و Aqua فعال است فراورده‌های آماده مختلفی را در اختیار محققین قرار می‌دهد که برحسب نیاز می‌توان از آن‌ها استفاده نمود. یکی از مهم‌ترین فراورده‌هایی که می‌توان در مطالعات مختلفی از جمله محیط‌زیست می‌توان از آن استفاده نمود، فرآورده‌های پوشش برف است که بر اساس شاخص NDSI محاسبه‌شده و به‌صورت مقادیر بین ۱ تا ۱۰۰ و درصد ارائه می‌شود. این فرآورده‌ها با شناسه‌های MOD و MYD به ترتیب برای ماهواره ترا و آکووا قابل‌دسترسی هستند. داده‌هایی که مرتبط با ماهواره Terra مشخص شده را می‌توان از سال ۱۹۹۹ تهیه کرد و داده‌هایی که برای ماهواره Aqua تهیه شده را می‌توان از سال ۲۰۰۲ دریافت کرد.

فرآورده‌ی MOD10A1[12]

ابتدا داده‌های روزهای برف‌پوشان MOD10A1 با قدرت تفکیک مکانی ۵۰۰ در ۵۰۰ متر با فرمت HDF از پایگاه https://search.earthdata.nasa.gov/ دریافت شد. این فراورده به‌صورت روزانه می‌باشد. در پژوهش حاضر برای خواندن داده‌های Mod10A1 از دستور hdftools در نرم‌افزار متلب بهره گرفته شد. داده‌های روزهای برف‌پوشان به‌صورت سیستم مختصات سینوسی و در کاشی‌های جداگانه در دسترس می‌باشند، شش کاشی بانام‌های H21v05، H22v05، H23v05، H21v06، H22v06، H23v06 از میان همه کاشی‌های در دسترس، کل منطقه‌ی ایران را پوشش می‌دهند که اندازه کاشی‌ها ۵۰۰ ×۵۰۰ کیلومتر می‌باشد. این کاشی‌ها در کنار هم گذاشته می‌شود که در اصطلاح به این کار موزائیک کردن کاشی‌ها می‌گویند. بدون کنار هم گذاشتن کاشی‌ها امکان ترسیم نقشه و پردازش آن وجود ندارد. حرف H در کاشی نشانگر وجه افقی و حرف V نیز نشان‌دهنده‌ی وجه عمودی هر کاشی است شکل (۳).



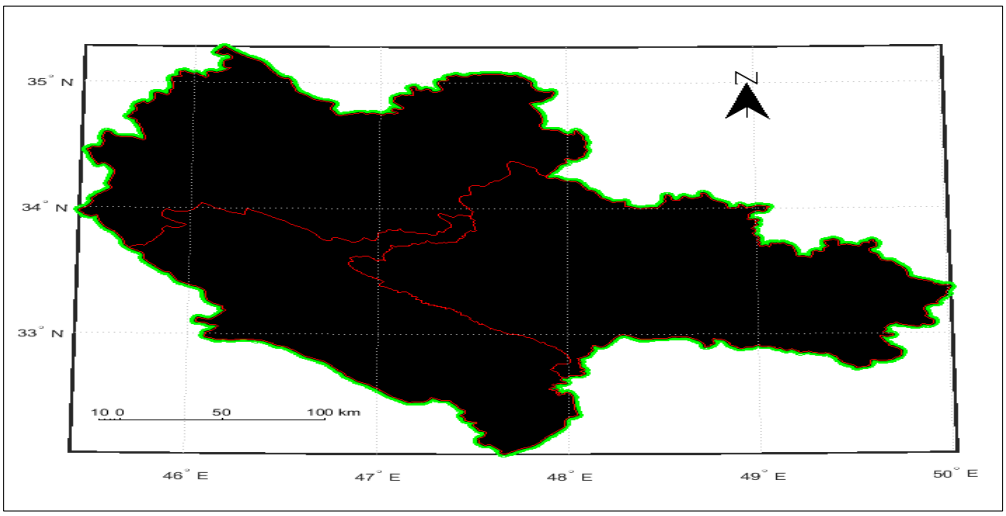
شکل (۳). کاشی‌های ۱۲۰۰ در ۱۲۰۰ کیلومتری فراورده روزهای برف‌پوشان مودیس

برای استخراج میانگین بلندمدت پوشش برفی ایران از فرآورده‌ی روزانه مودیس بهره گرفته شده است. تعداد یاخته‌های ۵۰۰ متری سنجنده مودیس در لرستان، کرمانشاه و ایلام برابر با ۳۴۱۴۷۰ می‌باشد. از آنجا که هر یاخته یک سری زمانی را

1. MODIS Snow Cover Daily L3 Global 500m Grid

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jgs.25.77.9]

از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ شکل می‌دهد. با استفاده از نرم‌افزار متلب داده‌های روزانه در هر پیکسل به داده‌های ماهانه و فصلی تبدیل شد. سپس به تهیه نقشه بر اساس نتایج به‌دست‌آمده پرداخته شد. همچنین برای بررسی منطقه موردمطالعه از دو کاشی H21v05، H22v05 بهره گرفته شد. این دو کاشی سه استان لرستان، کرمانشاه و ایلام را پوشش می‌دهد. تعداد یاخته‌های ۵۰۰ متری سنجنده مودیس در سه استان برابر با ۳۴۱۴۷۰ می‌باشد. به عبارتی هر یاخته یک سری زمانی می‌باشد که می‌توان از آن جهت بررسی روند روزهای برف‌پوشان استفاده کرد. شکل زیر یاخته‌های ۵۰۰ متری منطقه موردمطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به نزدیک بودن یاخته‌ها نقشه به‌صورت سیاه‌رنگ می‌باشد شکل (۴).



شکل (۴) یاخته‌های ۵۰۰ متری در سه استان موردمطالعه

در داده‌های پوشش برفی مودیس مقادیر ۰ تا ۱۰۰ بیانگر روزهای برف‌پوشان NDSI snow می‌باشد. در این داده‌ها برای مقادیر مفقود از ارزش ۲۰۰ استفاده‌شده است. داده‌های نامشخص با کد ۲۰۱ نشان داده شده‌اند. همچنین آب‌های داخلی قاره‌ها با مقدار ۲۳۷، اقیانوس‌ها با مقدار ۲۳۹ و ابرناکی با مقدار ۲۵۰ مشخص شده است. جهت بررسی منطقه موردمطالعه از ارزش‌های ۰ تا ۱۰۰ بهره گرفته شد. یاخته‌های که در خارج از مرز منطقه موردمطالعه بود از داده‌ها حذف شد. اندازه هر کاشی ۲۴۰۰ در ۲۴۰۰ می‌باشد که با کنار هم چیدن دو ماتریس ۴۸۰۰ در ۲۴۰۰ به دست خواهد آمد. برای بررسی رفتار روزهای برف‌پوشان از آزمون روند من کندال بهره گرفته شد.

بحث و نتایج

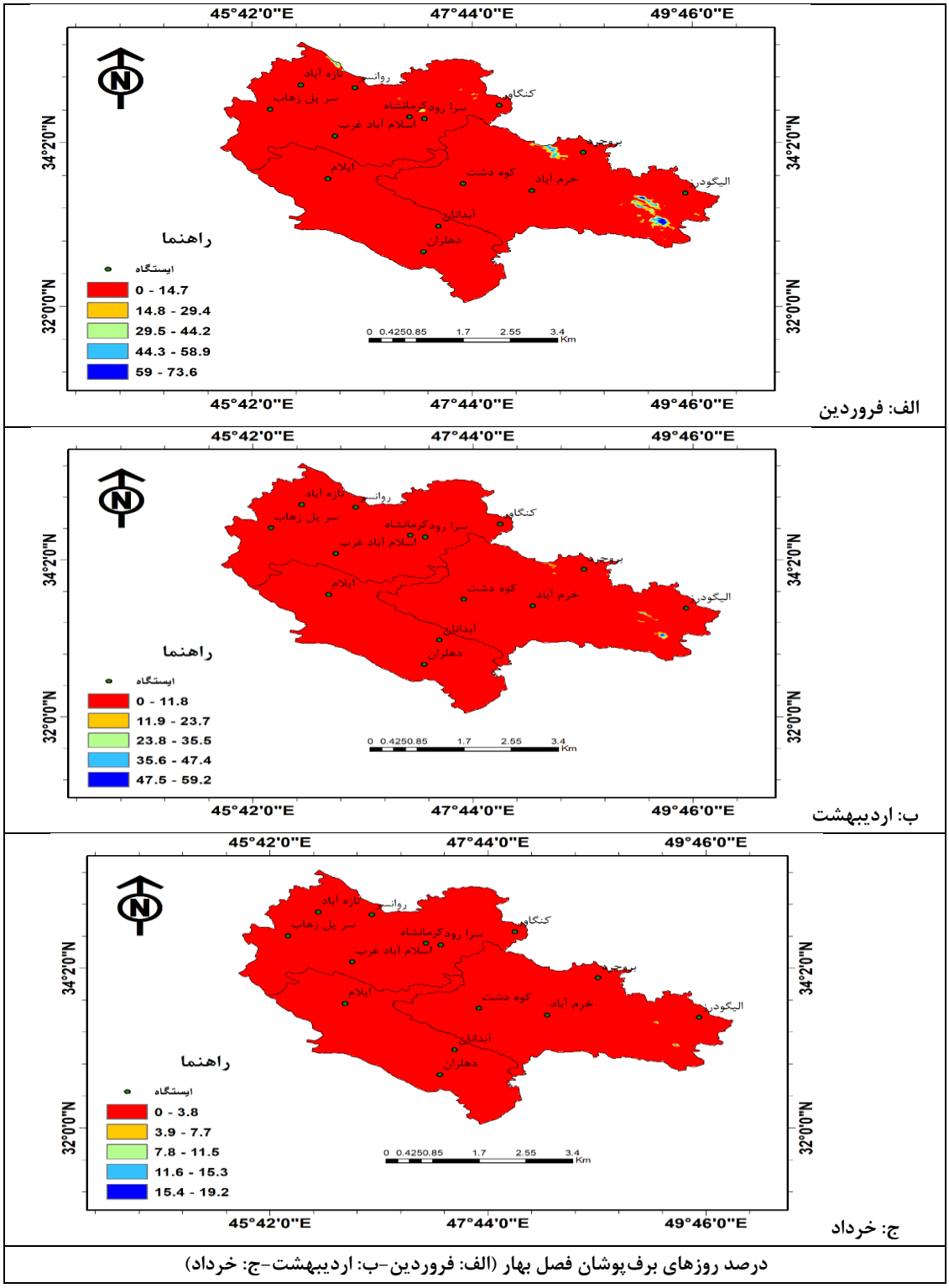
تحلیل نقشه‌های فرآورده مودیس

نقشه‌های فراوانی روزهای برف‌پوشان فصل بهار

شکل (۵) درصد روزهای برف‌پوشان استان‌های کرمانشاه، ایلام و لرستان را در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد نشان می‌دهد. با توجه به نتایج حاصل در ماه فروردین شکل (۵ الف) در برخی از نواحی منطقه موردمطالعه روزهای برف‌پوشان حدود ۷۴ درصد می‌باشد. اکثر مساحت منطقه موردمطالعه در این ماه فاقد روزهای برف‌پوشان است و تنها قسمتی از جنوب شرقی منطقه یعنی نواحی جنوبی استان لرستان و همچنین بخش کوچکی از نواحی شمالی استان لرستان دارای روزهای برف‌پوشان می‌باشد. در ماه اردیبهشت شکل (۵ ب) از درصد روزهای برف‌پوشان این منطقه کاسته شده است؛ به‌طوری‌که در طول دوره آماری اردیبهشت‌ماه حداکثر دارای ۵۹ درصد از روزهای برف‌پوشان است. در ماه خرداد شکل (۵ ج) با توجه به افزایش ارتفاع خورشید و نیز افزایش دمای محیط از روزهای برف‌پوشان کاسته شده است. به‌طوری‌که درصد روزهای

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jgs.25.77.9]

برف‌پوشان در این ماه حداکثر به ۱۹/۲ درصد رسیده است. بر اساس نتایج در فصل بهار بیشتر نواحی مرتفع دارای روزهای برف‌پوشان هستند و سایر مناطق به‌ویژه نواحی جنوب غربی منطقه موردمطالعه فاقد روزهای برف‌پوشان است.



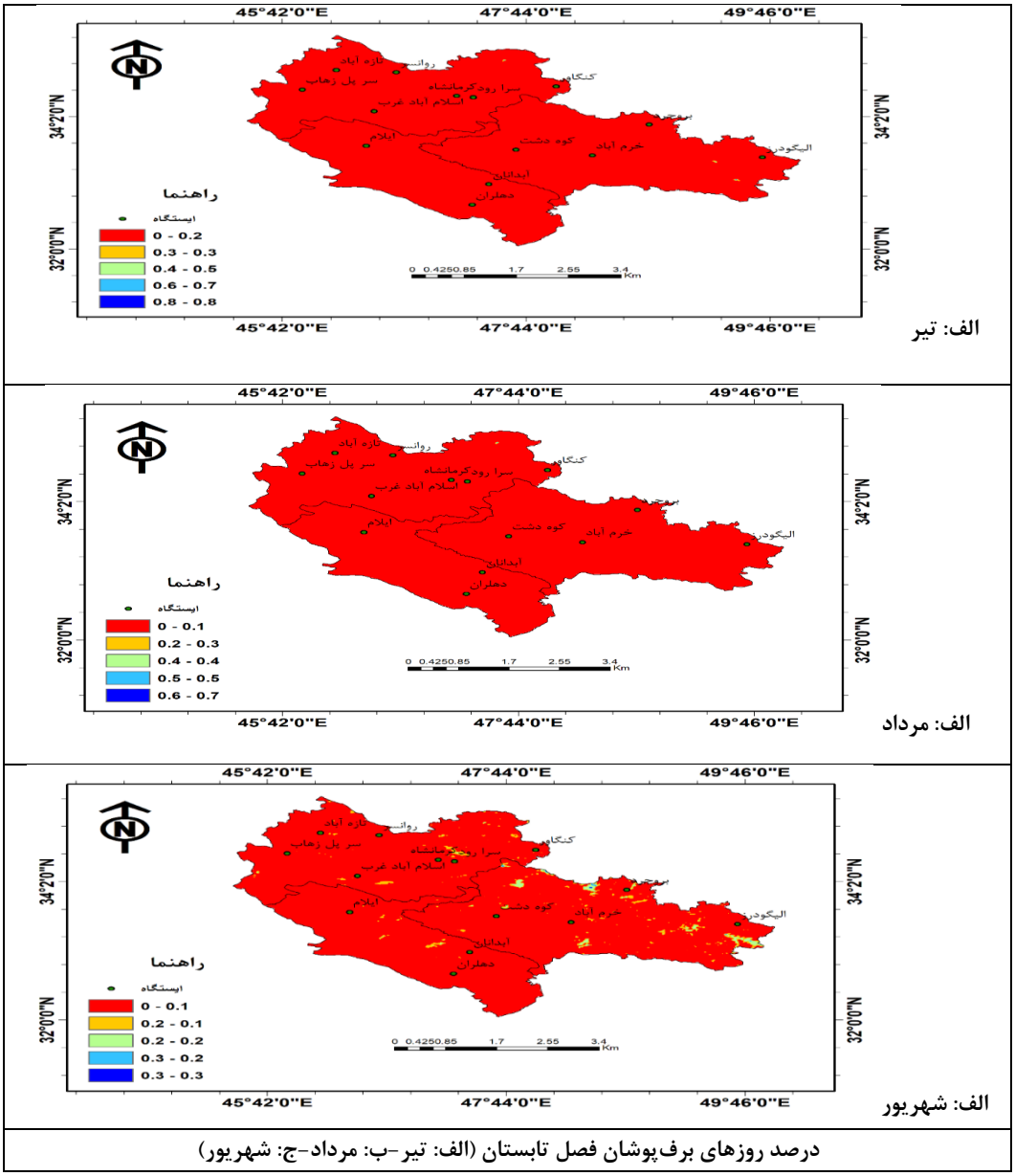
درصد روزهای برف‌پوشان فصل بهار (الف: فروردین-ب: اردیبهشت-ج: خرداد)

شکل (۵). نقشه‌های ماهانه روزهای برف‌پوشان مودیس فصل بهار

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jgs.25.77.9]

در شکل (۶) درصد روزهای برف‌پوشان فصل تابستان آورده شده است. در این فصل درصد روزهای برف‌پوشان بسیار ناچیز است و در همه ماه‌های این فصل به کمتر از یک درصد می‌رسد. در این فصل با توجه به افزایش دما و نیز استیلای پرفشار جنب حاره نواحی جنوبی کشور روزهای برف‌پوشان کاهش داشته است. در ماه تیر روزهای برف‌پوشان به کمتر از ۰/۸ درصد شکل (۶ الف) و در ماه‌های مرداد شکل (۶ ب) و شهریور شکل (۶ ج) درصد روزهای برف‌پوشان به ترتیب به کمتر از ۰/۷ و ۰/۳ درصد رسیده است و فقط نواحی مرتفع منطقه موردمطالعه به‌صورت پراکنده دارای پوششی از برف هستند



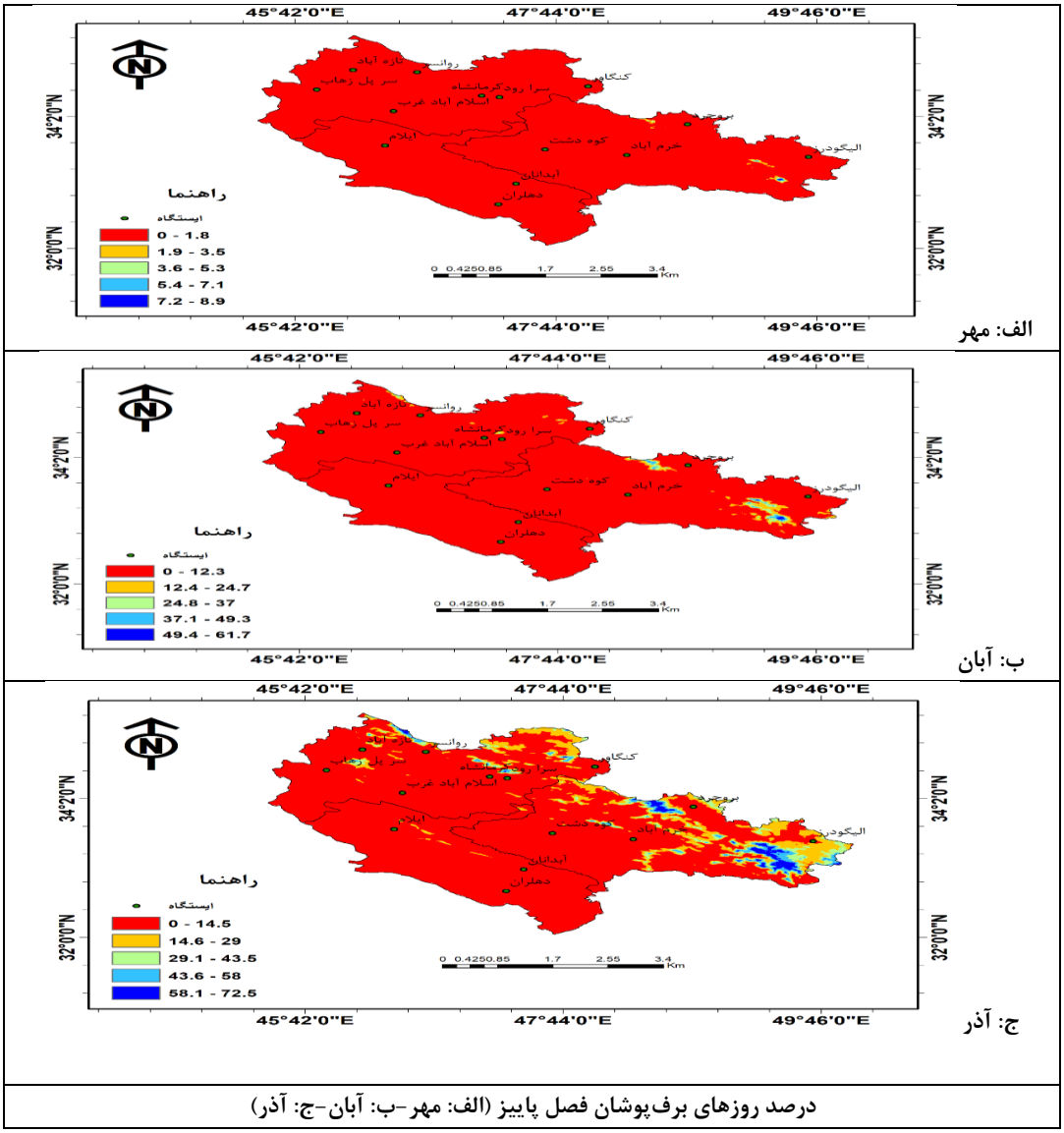
درصد روزهای برف‌پوشان فصل تابستان (الف: تیر-ب: مرداد-ج: شهریور)

شکل (۶). نقشه‌های ماهانه روزهای برف‌پوشان مودیس فصل تابستان

بررسی نقشه‌های درصد روزهای برف‌پوشان فصل پاییز نشان می‌دهد که بیشینه درصد روزهای برف‌پوشان مهرماه با ۹ درصد در نواحی شرقی و جنوب شرقی استان لرستان یعنی رشته‌کوه اشترانکوه قرار دارد شکل (۷ الف). این رشته‌کوه یکی از بلندترین رشته‌کوه‌های زاگرس و بلندترین نقطه استان لرستان است که از جنوب شرقی شهرستان دورود تا شمال غربی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jgs.25.77.9]

شهرستان الیگودرز کشیده شده است و بیشتر ایام سال پوشیده از برف است. از مهر ماه تا آذر ماه با شروع بارش‌ها و کاهش دما در منطقه موردمطالعه درصد روزهای برف‌پوشان نیز رو به فزونی است. به‌طوری‌که از ۸ درصد در مهر ماه به ۶۲ درصد در آبان ماه و سپس به ۷۳ درصد در آذرماه می‌رسد شکل (۷ ب). در آبان ماه نواحی جنوب شرقی منطقه موردمطالعه و ارتفاعات اشترانکوه روزهای برفی بیشتری را نسبت به سایر نواحی دارد. در آذر ماه بخش وسیعی از نواحی جنوب شرقی و شرقی استان لرستان دارای روزهای برف‌پوش هستند شکل (۷ ج) در این ماه همان‌طور که بیان گردید حدود ۷۳ درصد از روزهای این ماه دارای پوشش برف است. در برخی از قسمت‌های شمالی و شرقی استان کرمانشاه نیز روزهای برف‌پوش مشاهده می‌شود. این نواحی حدود ۲۹ درصد از ایام سال دارای روزهای هستند اما در نواحی جنوب غربی منطقه موردمطالعه و در استان ایلام روزهای برف‌پوشان کمتر از ۲۹ درصد قابل‌مشاهده است. به‌طورکلی در فصل پاییز نواحی شرقی منطقه موردمطالعه روزهای برف‌پوشان بیشتری نسبت به نواحی غربی دارد. دلیل اصلی آن می‌تواند وجود نواحی مرتفع در این بخش از منطقه موردمطالعه باشد.



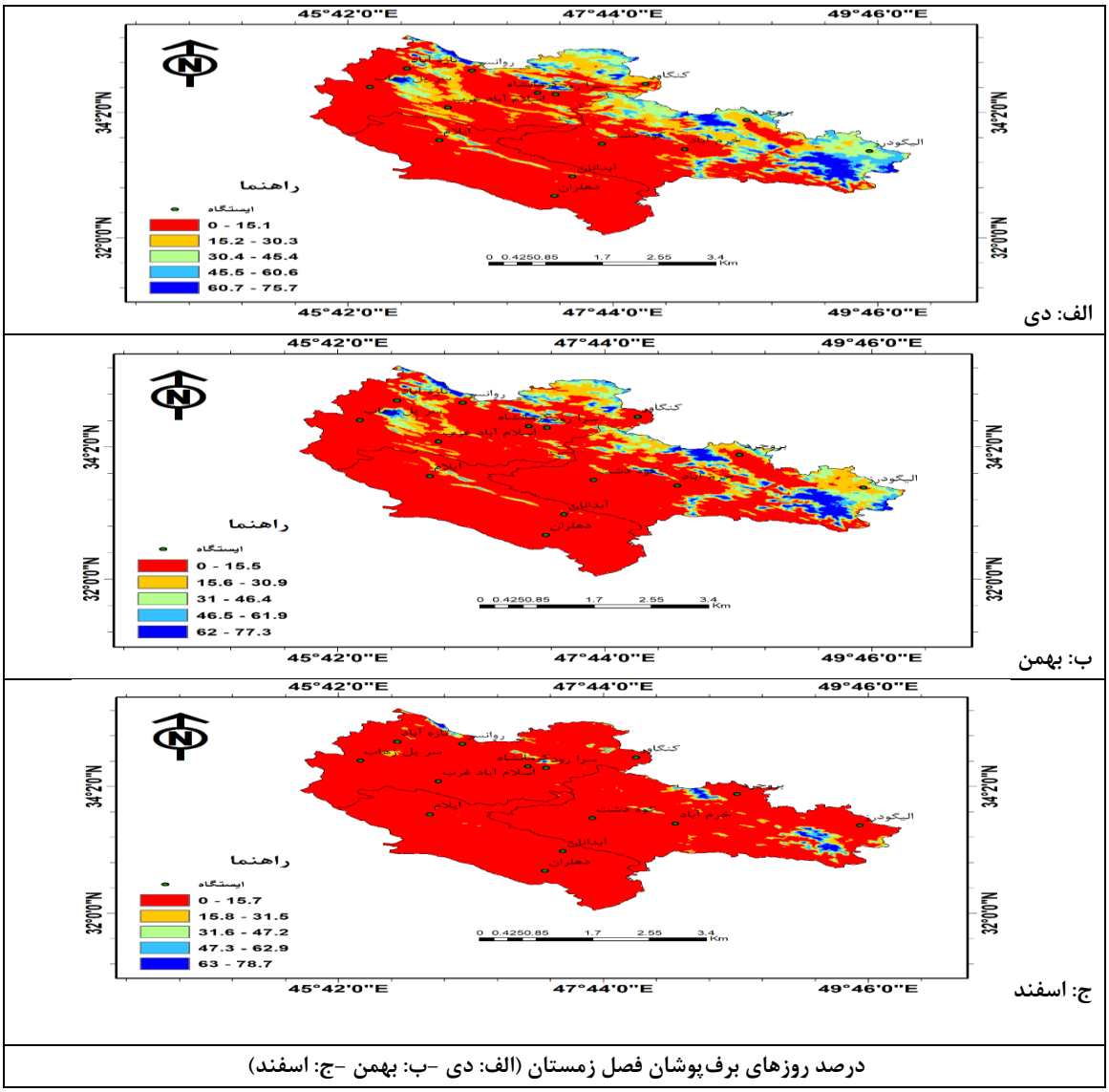
درصد روزهای برف‌پوشان فصل پاییز (الف: مهر-ب: آبان-ج: آذر)

شکل (۷). نقشه‌های ماهانه روزهای برف‌پوشان مودیس فصل پاییز

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jgs.25.77.9]

شکل (۸) درصد روزهای برف‌پوشان ماه‌های فصل زمستان در منطقه موردمطالعه را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج بیشترین درصد روزهای برف‌پوشان زاگرس میانی متعلق به این فصل است. به‌طوری‌که نیمی از استان‌های کرمانشاه و لرستان دارای روزهای برف‌پوشان هستند. بیشینه روزهای برف‌پوشان در دی ماه با ۷۶ درصد در نواحی جنوب شرقی و شمال غربی منطقه موردمطالعه وجود دارد شکل (۸ الف). ارتفاعات اشترانکوه و سایر ناهمواری‌های نیمه شرقی منطقه موردمطالعه اغلب دارای ۶۰ تا ۷۵ درصد روز برف‌پوش هستند. همچنین کوه‌های دالاهو؛ پراو، سفیدکوه؛ شاهو؛ آتشکده؛ نوا؛ ارتفاعات بمو؛ ارتفاعات قلاجه و... در استان کرمانشاه دارای روزهای برف‌پوشان بیش از ۶۰ درصد هستند. بیشینه درصد روزهای برف‌پوشان بهمن ماه شکل (۸ ب) به ۷۷ درصد می‌رسد و به‌طورکلی در این ماه نیمه شرقی و شمالی دارای بیشترین روزهای برف‌پوشان هستند اما در نیمه جنوبی و غربی آن روزهای برف‌پوشان به دلیل ارتفاعات کمتر به‌ندرت دیده می‌شود. در اسفند ماه از پوشش مکانی و توزیع روزهای برف‌پوشان منطقه موردمطالعه نسبت به ماه‌های قبل کاسته شده است شکل (۸ ج) و تنها بخش‌هایی از نواحی جنوب شرقی و شمال استان لرستان دارای روزهای برف‌پوشان هستند و بیشینه این ماه به ۷۸ درصد می‌رسد.



درصد روزهای برف‌پوشان فصل زمستان (الف: دی –ب: بهمن –ج: اسفند)

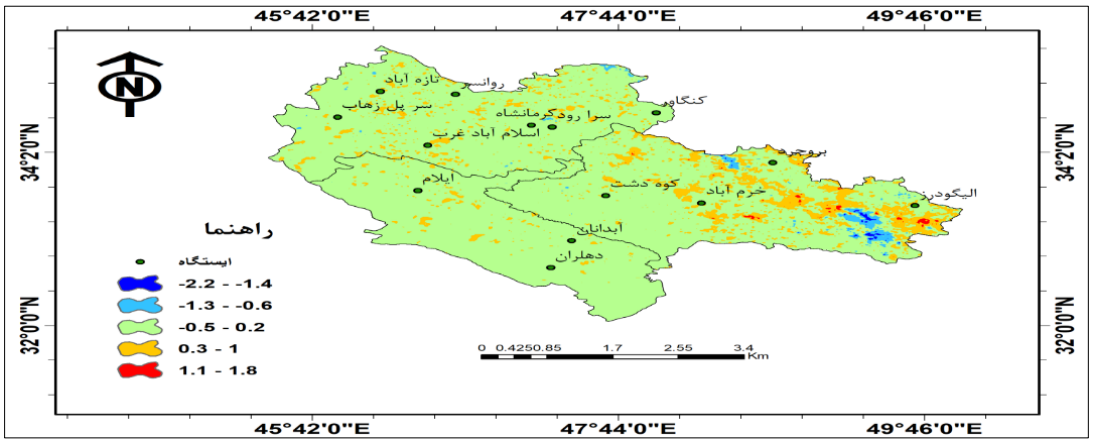
شکل (۸). نقشه‌های ماهانه روزهای برف‌پوشان مودیس فصل زمستان

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jgs.25.77.9]

واکاوی روند فصلی روزهای برف‌پوشان فصل بهار

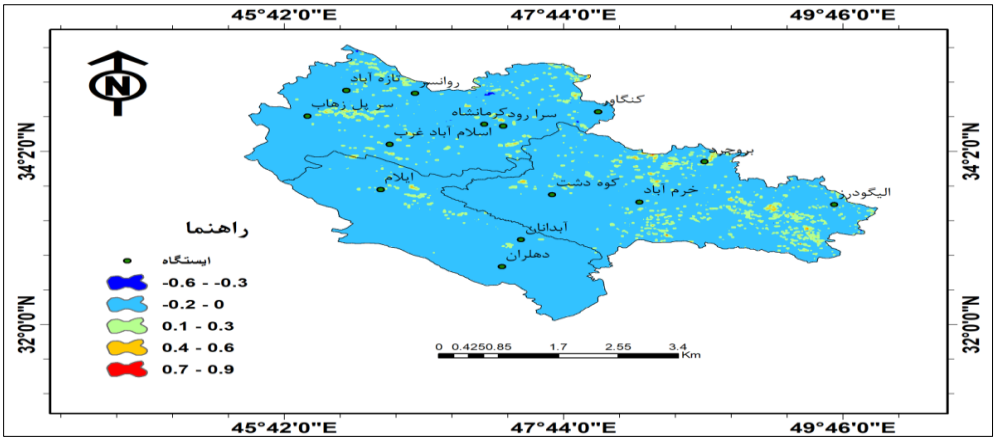
در شکل (۹) روند روزهای برف‌پوشان در فصل بهار برای هر یک از یاخته‌های تصاویر سنجنده مودیس مشاهده می‌شود. با توجه به اینکه در این فصل تنها بر روی برخی از ارتفاعات روزهای برفی وجود دارد. نتایج حاصل از آزمون من کندال نشان داد بخش‌هایی از استان لرستان که در ارتفاعات بالاتری وجود دارد روندهای کاهشی معنی‌دار مشاهده می‌شود. در این فصل نواحی جنوب شرقی استان لرستان و قسمت‌هایی از بخش‌های شمالی آن دارای ضریب من کندال ۲/۲– می‌باشند که در سطح ۰/۰۵ درصد نیز معنی‌دارند. بر این اساس می‌توان بیان کرد در نواحی مذکور در منطقه موردمطالعه روزهای برف‌پوشان کاسته شده است. در مجموع بر اساس نتایج حاصل در فصل بهار در بیشتر منطقه موردمطالعه روند کاهشی روزهای برف‌پوشان وجود دارد با این وجود در حدود ۱۴ درصد از منطقه موردمطالعه این روند کاهشی در روزهای برف‌پوشان معنادار است.



شکل (۹). روند تغییرات روزهای برف‌پوشان فصل بهار

واکاوی روند فصلی روزهای برف‌پوشان فصل تابستان

در شکل (۱۰) روند روزهای برف‌پوشان در فصل تابستان برای هر یک از یاخته‌های تصاویر سنجنده مودیس آورده شده است. نتایج حاصل از محاسبات من کندال نشان داد در این فصل اکثر نواحی منطقه موردمطالعه بدون روند هستند و تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای نداشته است. تنها در بخش‌هایی از نواحی کوهستانی و کوهپایه‌ای روندهای کاهشی مشاهده می‌شود حدود ۳ درصد از پهنه موردمطالعه نیز دارای روند افزایشی است. در فصل تابستان با توجه به اینکه روزهای برف‌پوش کمتر وجود دارد. لذا روندهای کاهشی و افزایش نمود کمتری دارد و معنی‌داری در این روندهای کاهشی و افزایشی وجود ندارد.



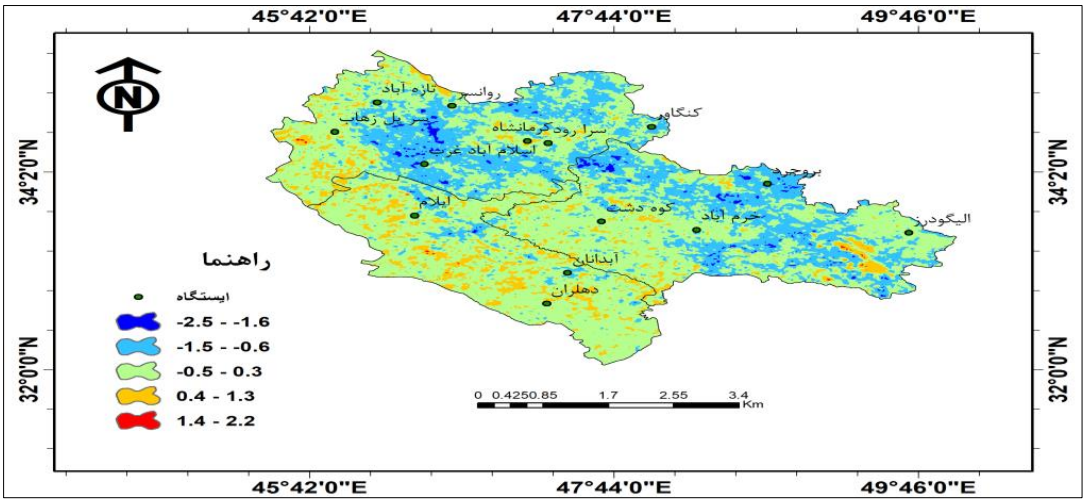
شکل (۱۰). روند تغییرات روزهای برف‌پوشان فصل تابستان

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jgs.25.77.9]

واکاوی روند فصلی روزهای برف‌پوشان فصل پاییز

روند روزهای برف‌پوشان در فصل پاییز نشان می‌دهد شکل (۱۱) که روند تغییرات در این فصل کمی متمایزتر از دو فصل بهار و تابستان است به‌طوری‌که در حدود ۴۰ درصد از منطقه موردمطالعه روند کاهشی روزهای برف‌پوشان مشاهده می‌شود که در برخی مناطق این روند کاهشی معنی‌دار شده است و روندهای کاهشی معنادار نیز دقیقاً منطبق بر برف‌خوان‌های موجود در این ارتفاعات می‌باشد با نگاهی بر نقشه حاصل می‌توان دریافت در دو استان لرستان و کرمانشاه درصد بیشتری از نواحی دارای روند کاهشی بوده‌اند ولی در استان ایلام با توجه به هموار و پست بودن منطقه روندهای کاهشی کمتر مشاهده می‌شود. در مناطقی مانند اسلام‌آباد غرب، سرپل ذهاب، خرم‌آباد، بروجرد روند کاهش با ضریب من کندال برابر با ۲/۵- مشاهده می‌شود که در سطح ۰/۰۵ درصد نیز معنی‌دار هستند. در برخی از نواحی نیز روندهای افزایشی وجود دارد که می‌توان یکی از دلایل آن را تغییرات کاربری اراضی دانست.

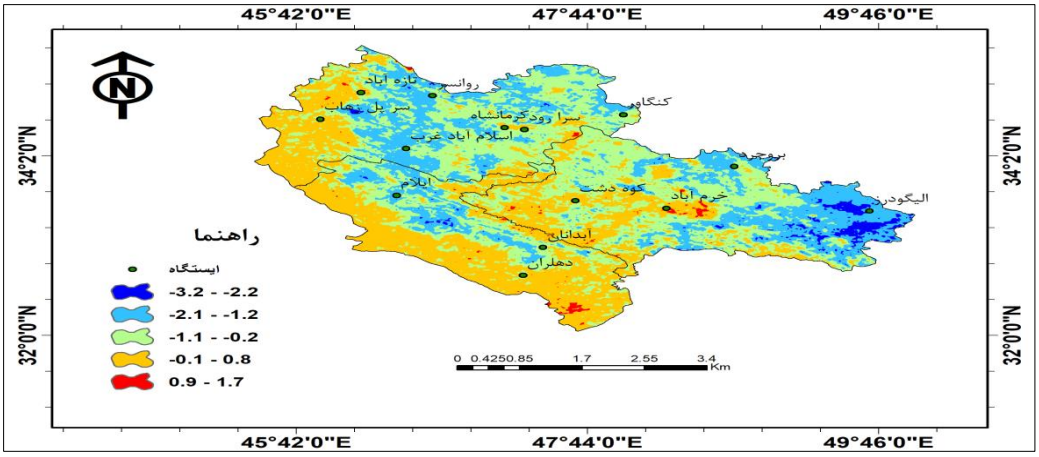


شکل (۱۱). روند تغییرات روزهای برف‌پوشان فصل پاییز

واکاوی روند فصلی روزهای برف‌پوشان فصل زمستان

در شکل (۱۲) روند تغییرات روزهای برف‌پوشان در فصل زمستان برای هر یک از یاخته‌های تصاویر سنجنده مودیس در منطقه موردمطالعه آورده شده است. بر اساس نتایج حاصل اکثر نواحی منطقه موردمطالعه دارای روند کاهشی معنادار در سطح ۰/۰۵ درصد می‌باشند. در قسمت‌های شرقی منطقه موردمطالعه روندهای کاهشی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار قابل‌مشاهده است که نشان می‌دهد در نواحی مرتع منطقه موردمطالعه کاهش بسیار چشمگیری در روند روزهای برف‌پوش رخداده است. نتایج حاکی از آن است حدود ۵۲ درصد از نواحی منطقه موردمطالعه دارای روند کاهشی معنادار در سطح اطمینان ۹۵ ام می‌باشد و تنها در نواحی غربی و جنوب غربی منطقه موردمطالعه روند کاهشی وجود ندارد. بیشترین روند کاهشی با ضریب ۳/۲- مربوط به جنوب شرقی منطقه موردمطالعه است که جزو نقاط مرتفع زاگرس میانی نیز است. با این توصیف روند کاهشی روزهای برف‌پوش در فصل زمستان می‌تواند بر ذخایر منابع آبی و تأمین آب در فصول گرم اثرگذار باشد بدین‌صورت که کاهش روزهای برف‌پوشان برابر با کاهش بازتابش و نیز افزایش دما و کاهش ذخایر آبی منطقه موردمطالعه است. این کاهش می‌توان اثرات جبران‌ناپذیری بر ذخایر آبی و پوشش گیاهی این منطقه و به طبق مناطق هم‌جوار داشته باشد.

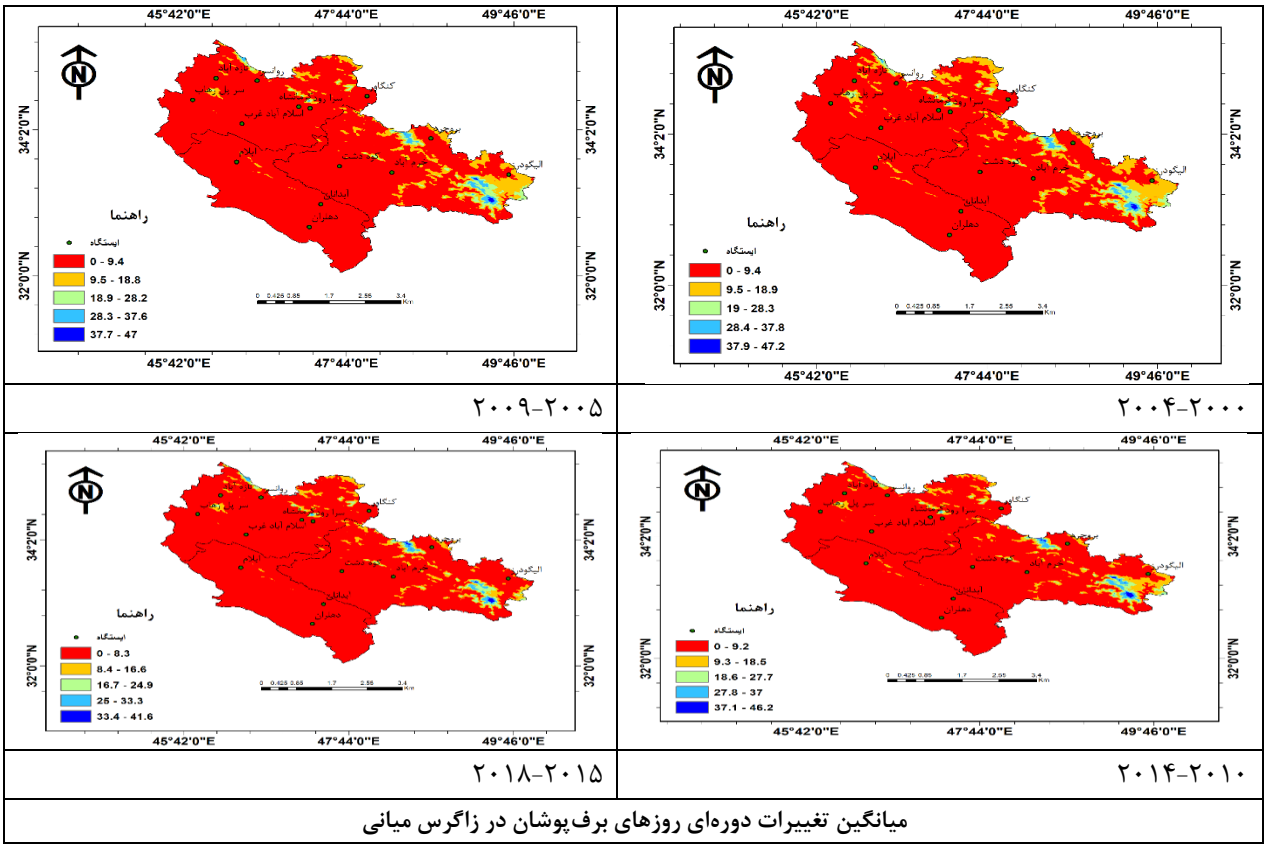
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jgs.25.77.9]



شکل (۱۲). نقشه روند روزهای برف‌پوشان فصل زمستان

میانگین تغییرات سالانه و دوره‌ای روزهای برف‌پوشان

جهت نمایش بهتر تغییرات در طول دوره موردمطالعه که داده‌های ماهواره‌ای و سنجش‌ازدوری آن در دسترس است دوره (۲۰۰۰-۲۰۱۸) دوره موردبررسی به دوره‌های پنج‌ساله تقسیم گردید و تغییرات در ادوار مختلف موردبررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد در دوره دوم (۲۰۰۹-۲۰۰۵) از میانگین درصد روزهای برف‌پوشان دوره اول (۲۰۰۴-۲۰۰۰) کاسته شده است. همین‌طور در دوره‌های دیگر نسبت به دوره‌های قبل و دوره اول این تغییرات محسوس است. به‌طوری‌که از بیشینه برابر با ۴۷ درصد در دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ این مقدار به ۴۲ درصد در انتهای دوره آماری رسیده است. بر این اساس می‌توان بیان کرد مقادیر روزهای برف‌پوشان در طول دوره موردبررسی کاهش یافته است و این تغییرات در سال‌های اخیر نیز تشدید شده است شکل (۱۳).



شکل (۱۳). میانگین تغییرات دوره‌ای روزهای برف‌پوشان در زاگرس میانی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jgs.25.77.9]

نتیجه‌گیری

نوار غربی ایران به خاطر شرایط توپوگرافی و موقعیت جغرافیایی آن یکی از مناطق برف‌خیز کشور بوده لذا با توجه به اهمیت موضوع و منطقه موردمطالعه در این پژوهش به واکاوی پیامد تغییرات اقلیمی بر ویژگی‌های برف‌پوشان زاگرس میانی با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور پرداخته شد. بدین منظور از تکنیک‌های سنجش‌ازدوری بهره گرفته شد و تغییرات برف‌پوش در زاگرس میانی در طول دوره آماری (۲۰۱۸-۱۹۸۹) به‌صورت ماهانه، فصلی و دوره‌ای موردبررسی قرار گرفت که در ادامه به نتیجه‌گیری حاصل از آن‌ها پرداخته می‌شود. در این بررسی پس از جمع‌آوری آمار و اطلاعات مربوط به روزهای همراه با برف در طول دوره آماری در سطح سه استان کرمانشاه، ایلام و لرستان با استفاده از داده‌های پوشش برف سنجنده مودیس در زاگرس میانی با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدوری پردازش شدند و نتایج حاصل مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند و در نهایت تغییرات پوشش برفی در منطقه موردمطالعه به تفصیل موردبررسی قرار گرفتند. بررسی روند تغییرات برف‌پوش در فصول مختلف با استفاده تصاویر سنجنده مودیس نیز نشان می‌دهد که بیشتر منطقه موردمطالعه در این زمینه دارای روند کاهشی معنی‌دار به‌ویژه در نواحی مرتفع منطقه موردمطالعه می‌باشد و فقط در نواحی غربی و جنوب غربی منطقه موردمطالعه روند کاهشی مشخصی مشاهده نمی‌شود. همچنین بررسی روزهای برف‌پوشان در طول دوره موردبررسی حاکی از کاهش برف‌پوش زاگرس میانی است و این تغییرات در سال‌های اخیر به‌ویژه نواحی برف‌گیر منطقه نیز تشدید داشته است. بر اساس نتایج حاصل از بررسی تغییرات ماهانه، فصلی و سالانه می‌توان بیان کرد شکل‌های (۴ تا ۱۲) پوشش برفی در طول دوره موردبررسی کاهش یافته است و این تغییرات در سال‌های اخیر نیز تشدید داشته است. همچنین تغییرات در فصل زمستان و مناطق برف‌گیر و مرتفع نسبت به فصول دیگر و مناطق دیگر در سطح منطقه موردمطالعه بیشتر و شدیدتر بوده است.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌هاست.

مشارکت نویسندگان

جمع‌آوری داده‌ها: مسلم صیدی شاهیوندی، تهیه گزارش پژوهش: مسلم صیدی شاهیوندی تحلیل داده‌ها: مسلم صیدی شاهیوندی

نویسنده اول: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیش‌نویس مقاله

نویسنده دوم: استاد راهنمای پایان‌نامه، طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی سازی مقاله

نویسنده سوم: استاد مشاور پایان‌نامه، مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله

نویسنده چهارم: استاد مشاور پایان‌نامه، مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jgs.25.77.9]

حامی مالی

مقاله حاضر با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه یزد انجام شد.

حمایت مالی از این پژوهش از طرف دانشگاه یزد دانشکده علوم انسانی و اجتماعی در قالب پژوهانهٔ پایان‌نامه دانشجویی نویسنده اول و همچنین پژوهانهٔ برای سایر نویسندگان انجام‌شده است.

منابع

ابراهیمی، غیبی ابولحسن و ملکوتی، حسین (۱۳۹۱) روند تغییرات پوشش برف در مناطق برف خیز ایران با استفاده از داده‌های سنجنده مادیس، *نیوار ۷۹-۷۸ ص ۱۰-۳*.

امینی نیا، کریم (۱۳۸۹)، بررسی نوسانات بارش برف سنگین شمال غرب ایران، رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

بابائیان ایمان، نجفی نیک، زهرا، زابل عباسی، فاطمه، حبیبی، نوخندان، مجبد، ادب، مجید و بلوسی، شراره، (۱۳۸۸)، ارزیابی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ با استفاده از ریزمقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو، *مجله جغرافیا و توسعه*.

براتیان، علی و رحیم زاده، فاطمه، (۱۳۷۷)، پارامترهای مؤثر بر تغییر اقلیم، *مجله نیوار*.

بیرودیان، نادر (۱۳۸۳)، برف و بهمن (مدیریت مناطق برف‌گیر)، دانشگاه امام رضا.

پروین، نادر. (۱۳۸۶). بررسی و تعیین الگوهای سینوپتیکی حاکم بـر سیلاب‌های مخرب و فراگیر سطح حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه، رساله دکتری اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه تربیت‌معلم تهران، تهران.

پرهمت، جهانگیر، ثقفیان، بهرام. (۱۳۸۶). مقایسه دقت تصاویر ماهواره‌ای TM و AVHRR در تعیین پوشش برفی. *مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۶۰، ص ۳۸۳*.

پرهمت، جهانگیر و ثقفیان، بهرام. (۱۳۸۳). ارزیابی قدرت تفکیک‌پذیری اطلاعات ماهواره‌ای در تعیین سطح تحت پوشش برف، اولین کنفرانس مدیریت منابع آب.

داداشی خانقاه، سپیده. (۱۳۸۷). بررسی پوشش برف در حوض کرج و لتیان با به‌کارگیری الگوریتم‌های پردازش تصویر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.

دینی, غلامرضا , ضیائیان فیروزآبادی, پرویز , علیمحمدی سراب, عباس و داداشی خانقاه, سپیده . (۱۳۸۶). بررسی سطوح برفگیر در البرز مرکزی با استفاده از داده‌های ماهواره ای MODIS وAVHRR و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). تحقیقات منابع آب ایران, ۳(۳), ۱-۸.

رایگانی، ب، خواجه الدین، ج، سلطانی، س و براتی، س. (۱۳۸۷). محاسبه تغییرات نقشه‌های پوشش برفی تهیه شده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS در دوره‌های فاقد تصویر، *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۹۴*.

شفیع زاده مقدم، حسین (۱۳۸۷)، امکان‌سنجی ارتقای توان سنجندهٔ MODIS با به‌کارگیری هم‌زمان سنجندهٔ ASTER جهت برآورد مساحت سطح برف، پایان نام کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

طالبی اسفندارانی، سمیه و علوی پناه، سید کاظم ، علیمحمدی سراب، عباس و روستا، حسن (۱۳۹۰)، جداسازی ابر از برف در تصاویر MODIS با استفاده از الگوریتم SNOW Map و الگوریتم ماسک ابر، *مجله سنجش‌ازدور و GIS ایران، ۳(۱): صص ۹۰-۷۹*.

عابدینی، غلام رضا و ضیاییان فیروزآبادی، پرویز و علی محمدی سراب، عباس و داداشی خانقاه، سپیده (۱۳۸۶)، بررسی و سامانه

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jgs.25.77.9]

اطلاعات جغرافیایی AVHRR و MODIS سطوح برف‌گیر در البرز مرکزی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای GIS، *مجله تحقیقات منابع آب ایران، شماره ۳، صص ۱ - ۸.*

فتاحی، ابراهیم، وظیفه دوست، مجید (۱۳۹۰)، برآورد دمای سطح برف و گسترش پوشش برف با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS (مطالعه موردی: استان گلستان). *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۲۶، شماره ۳، صص ۱۴۹-۱۶۸.*

قاسمی، الهه، فتاحی، ابراهیم. دلاور، مجید. (۱۳۹۰). شبیه‌سازی رواناب ناشی از ذوب برف در حوضه‌های کوهستانی با استفاده از مدل SRM مطالعه موردی حوضه آبریز بازفت .*نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۲۰، شماره ۲۳، صص ۱۲۹-۱۴۱.*

کاویانی، محمدرضا، علیجانی، بهلول (۱۳۸۱). مبانی اقلیم‌شناسی، انتشارات سمت، تهران

متکان، علی‌اکبر، ضیاییان فیروزآبادی، پرویز، عاشورلو، داوود، داداشی خانقاه، سپیده.(۱۳۸۷). ارزیابی شاخص جهانی پوشش برف برای مطالعه سطح پوشش برف در مقیاس منطقه‌ای در حوضه سد لتیان. همایش ژئوماتیک ۸۷-۱۳۸۷.

نکونام، زری، مزیدی، احمد، (۱۳۸۹). تحلیل پوشش برف در حوضه فخرآباد یزد. چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام(IDIWG 10).۲۵-۲۷ فروردین. زاهدان.

وظیفه‌دوست، مجید، فیاض، نیما، عراقی‌نژاد، شهاب. (۱۳۹۴) بررسی امکان کاربرد تولیدات سطح برف مودیس در شرایط ابری با استفاده از ترکیب آن با تصاویر مایکرویو. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. دوره ۱۵، شماره ۳۷، صص ۷۱-۸۸.*

Abedini, Gholamreza and Ziaeian Firoozabadi, Parviz and Ali Mohammadi Sarab, Abbas and Dadashi Khaneghah, Sepideh (2007), Survey and AVHRR and MODIS Geographic Information System in snowy areas in Central Alborz using GIS satellite data, Journal of Water Resources Research Iran, No. 3, pp. 1-8. (In Persian)

Akyürek, Z., & Şorman, A. Ü. (2002). Monitoring snow-covered areas using noaa-avhrr data in the eastern part of turkey. Hydrological Sciences Journal, 47(2), 243-252.

Amininia, Karim (2010), Investigation of Heavy Snowfall Fluctuations in Northwest Iran, PhD Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch. (In Persian)

Australian Bureau of Meterology, (2006). Annual Astralian cliamate statement 2005,http//ww bom.gov.au annooucements/ media- releases /climate change.

Baba Ian Iman, Najafi Nik, Zahra, Zabol Abbasi, Fatemeh, Habibi, Nokhandan, Mojbad, Adab, Majid, Blousi, Sharareh, (2009), Climate change assessment in the period 2039-2010 using the exponential scale of circulation model data General Atmosphere, Journal of Geography and Development. (In Persian)

Baratian, Ali, Rahimzadeh, Fatemeh, (1998), Parameters affecting climate change, Newar Magazine. (In Persian)

Biroudian, Nader (2004), Snow and Avalanche (Management of Snow-covered Areas), Imam Reza University. (In Persian)

Crawford, C. J., Manson, S. M., Bauer, M. E., & Hall, D. K. (2013). Multitemporal snow cover mapping in mountainous terrain for Landsat climate data record.

Dadashi Khaneghah, Sepideh. (1999). Investigation of snow cover in Karaj and Latian basins using image processing algorithms, Master Thesis, Shahid Beheshti University. (In Persian)

Derksen, C., Walker, A., & Goodison, B. (2005). Evaluation of passive microwave snow water equivalent retrievals across the boreal forest/tundra transition of western Canada. Remote sensing of environment, 96(3-4), 315-327.

Derksen, C., Walker, A., & Goodison, B. (2005). Evaluation of passive microwave snow water equivalent retrievals across the boreal forest/tundra transition of western Canada. Remote sensing of environment, 96(3-4), 315-327

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jgs.25.77.9]

Derksen, C., Walker, A., & Goodison, B. (2005). Evaluation of passive microwave snow water equivalent retrievals across the boreal forest/tundra transition of western Canada. Remote sensing of environment, 96(3-4), 315-327.

Dini, G., Ziaian, B., Alimohammadi, A. and Dadashi, S. (2006). Investigation of snow catchment levels in central Alborz using MODIS and AVHRR satellite data and geographic information system, Journal of Water Resources Research, vol. 3. (In Persian)

Ebrahimi, Gheibi Abolhassan, Malakouti, Hossein (2012) The trend of snow cover changes in snow-covered areas of Iran using Madis sensor data, Newvar79-78p10-3. (In Persian)

Ebrahimi, Hadi, Gheibi, Abolhassan and Malakouti, Hossein (2012), The trend of snow cover changes in snow-covered regions of Iran using Madis sensor data, Newar 79-78-3-10. (In Persian)

Fatahi, Ebrahim, Vazifedost, Majid (2013), estimation of snow surface temperature and snow cover expansion using MODIS sensor images (case study: Golestan province). Applied Research Journal of Geographical Sciences, Volume 26, Number 3, pp. 149-168. (In Persian)

Ghasemi, Elahe., Fattahi, Ibrahim., Delavar, Majid. (1390). Simulation of snowmelt runoff in mountain basins using SRM model Case study of Bazaft catchment. Journal of Applied Research in Geographical Sciences, Volume 20, Number 23, pp. 129-141. (In Persian)

Harshburger, B. J., Humes, K. S., Walden, V. P., Moore, B. C., Blandford, T. R., & Rango, A. (2010). Evaluation of Short-to-Medium Range Streamflow Forecasts Obtained Using an Enhanced Version of SRM. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 46(3), 603-617.

Jain, S. K., Goswami, A., & Saraf, A. (2008). Accuracy assessment of MODIS, NOAA and IRS data in snow cover mapping under Himalayan conditions, International Journal of Remote Sensing, 29(20), 5863-5878.

Kaviani, Mohammad Reza., Alijani, Behlool (1381). Fundamentals of Climatology, Samat Publications, Tehran. (In Persian)

Klein, A. G., Hall, D. K. and Riggs, G. A. 1998.Global Snow Cover Monitoring Using MODIS, 27th International Symposium on Remote Sensing of Environment, 363-369.

Kleindienst, H., Wunderle, S., & Voigt, S. (2000). Snow Line Analysis in the Swiss Alps Based on NOAA-AVHRR Satellite Data.

Matkan, Ali Akbar, Ziyaian Firouzabadi, Parviz, Ashourlo, Dawood, Dadashi Khanqa, Sepideh. (2007). Evaluation of the global snow cover index for the study of the snow cover at the regional scale in the Letian dam basin. Geomatics conference 20. (In Persian)۰7-20۰8.

Miller,N.L., Bashford, K. E., Strem., E. (2003). Potential impacts of climate change on California hydroloyl. Climatology, 110(4), 619-630.

Mirmousavi, Seyyed Hossein, Sabour, Lyal (2013) Study The trend of changes in snowfall in the northwestern region of Iran. Geography and environmental planning, year 25, number 3, pp. 119-136.

Nekonam, Zari, Mazidi, Ahmad, (2009). Snow cover analysis in Fakhrabad basin of Yazd. The 4th International Congress of Geographers of the Islamic World (10 IDIWG). 27-25 Farvardin, Zahedan. (In Persian)

Parhamat, Jahangir, Saghafian, Bahram. (1383). Assessing the Resolution of Satellite Information in Determining Snow Covered Area, First Water Resources Management Conference. (In Persian)

Parhamat, Jahangir., Saghafian, Bahram. (1386). Comparison of the accuracy of TM and AVHRR satellite images in determining snow cover. Iranian Journal of Natural Resources, No. 60, p. 383. (In Persian)

Parvin, Nader. (1386). Investigation and determination of synoptic patterns governing destructive and pervasive floods in the catchment area of Lake Urmia, PhD thesis in Climate Planning, Environmental Planning, Tehran Tarbiat Moallem University, Tehran. (In Persian)

Petkova, N., Brown, R., Koleva, E., Alexandrov, V. (2005). Snow cover change in Bulgarian Mountainous regions, 1931-2000. Hrevaski Meteor- OLISKI CASOPIS, 40(40), 662-665.

Rayegani, B., Khajaeddin, J., Soltani, S. and Barati, S. (2008). Calculation of changes in snow cover maps prepared from MODIS satellite images in periods without images, Journal of Agricultural Sciences and Techniques and Natural Resources, No. 94. (In Persian)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jgs.25.77.9]

Salomonson, V. V., & Appel, I. (2004). Estimating fractional snow cover from MODIS using the normalized difference snow index, Remote sensing of environment, 89(3), 351-360.

Selkowitz, D. Foerster, R. (2016) An Automated Approach for Mapping persistant Ice and Snow Cover over High Latitude Regions, Remote Sensing.

Shafizadeh Moghadam, Hossein (2008), Feasibility Study of Upgrading the MODIS Gauge by Simultaneously Using the ASTER Gauge to Estimate the Snow Surface Area, M.Sc. Name, Tarbiat Modares University. (In Persian)

Shafizadeh Moghadam, Hossein. (1387). Feasibility study of upgrading the power of MODIS sensor by using ASTER sensor at the same time to estimate the snow surface area, end of master's degree, Tarbiat Modares University. (In Persian)

Strabala, K. 2003. MODIS Cloud Mask User's Guide, Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies Website. Last Viewed December, 15 p.

Talebi Esfandarani, Somayeh and Alavi Panah, Seyed Kazem and Alim Mohammadi Sarab, Abbas and Rousta, Hassan (2011), Separation of cloud from snow in MODIS images using SNOW Map algorithm and cloud mask algorithm, Iranian Journal of Remote Sensing and GIS, 3 (1): pp. 90-79. (In Persian)

Tekeli.A.E., Akyurek, z.,Sorman, A. A., A., Sorman, A (2005). Using MODIS snow cover maps in modeling snowmelt runoff cricess in the estern part of Turky.Remote of Environment,9.216-230.

Tryhorn,L.,Degaetao, A.(2013). A methodology for statistical sdownscaling seasonal snow cover characteristics over the North united states. International Journal of Climatology, 33(12), 2728-21.

Vazifeh Doost, Majid, Fayyaz, Nima, Iraqinejad, Shahab. (2015) Investigation of the possibility of using Modis snow surface products in cloudy conditions by using its combination with microwave images. Journal of Applied Research in Geographical Sciences. Volume 15, Number 37, pp. 71-88. (In Persian)

Wang, X .Xie, H. (2009); New methods for studying the spatiotemporal variation of snow cover based on combination products of MODIS Terra and Aqua; Journal of Hydrology, Vol 371: 192-200.

Yang, C, Zhao, Z, Ni,J, Ren, X, W.,Wang,Q.,(2014) Temporal and spatioal analysis of changes in snow cover in western Sichuan based on MODIS images, Science China Earth Sciences, Vol 55, No 8, Pp 1329-1335.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jgs.25.77.9]