

آشکارسازی سطح پوشش برف حوضه آبریز تبریز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای NOAA-AVHRR

دکتر شهرام روستایی^۱، توحید رحیم پور^{۲*}، مهسا نخستین روحی^۳

۱- استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز، Roostaei@tabrizu.ac.ir

۲- کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز، Rahimpour1990@gmail.com

۳- کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز، Mahsa.nakhostinrouhi@gmail.com

چکیده

پوشش برفی یکی از پارامترهای مهم هیدرولوژیکی است که پایش مکانی و زمانی آن در مدیریت حوضه‌های آبخیز اهمیت زیادی دارد. بخش عظیمی از بارش‌ها در مناطق کوهستانی شمال غرب کشور، به‌ویژه در فصول سرد سال به صورت برف است. در نتیجه، آب حاصل از ذوب برف نقش مهمی در شکل‌گیری رواناب‌های سطحی، تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و ایجاد سیل دارد. این تحقیق با هدف مقایسه سطح پوشش برف در دو بازه زمانی در تصاویر ماهواره‌ای NOAA در حوضه آبریز تبریز با مساحت ۵۵۱۹ کیلومترمربع در استان آذربایجان شرقی انجام شده است. بدین منظور ۶ تصویر ماهواره‌ای NOAA مربوط به سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ برای فصل زمستان تهیه شد. جهت استخراج سطح پوشش برف از شاخص برفی تفاضلی نرمال شده (NDSI) استفاده شد. همچنین جهت پردازش تصاویر و استخراج سطح پوشش برف از نرم‌افزارهای ERDAS و ArcGIS استفاده گردید. نتایج تحقیق نشان داد که در هر دو بازه زمانی ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ بیشترین سطوح برفی مربوط به ماه بهمن بوده است. همچنین نقشه‌های تهیه شده نشان می‌دهند که میزان بارش برف در سال ۲۰۱۳ نسبت به سال ۲۰۱۴ بیشتر بوده است.

واژه‌های کلیدی: سطح پوشش برف، تصویر ماهواره‌ای NOAA، شاخص NDSI، حوضه آبریز تبریز

۱- مقدمه

مساحت پوشش برف، پارامتر بسیار مهمی برای چرخه هیدرولوژیک و اقلیم‌شناسی است. بازتابش ناشی از سپیدایی بالای برف سبب می‌گردد که سطوح برفی، بیشتر انرژی تابشی خورشید را برگردانند. به علت ظرفیت گرمایی بالای برف، سطوح برفی سبب محافظت سطح خاک در برابر جو و کاهش فرآیند گرم شدن در فصل بهار می‌گردد. بنابراین، برف با تحت تأثیر قرار دادن جذب انرژی و گرم شدن حوضه، نقش مستقیمی در مدل‌های گردش جوی در مقیاس ریز اقلیم و بزرگ اقلیم دارد. پوشش برف و رطوبت خاک، مهم‌ترین متغیرها در فرآیند تبادل گرما و رطوبت بین زمین و جو هستند. وجود برف در حوضه تأثیر زیادی بر رطوبت موجود در سطح و در نتیجه جاری شدن رواناب دارد (Maurer, et al., 2003). به دلیل حاکمیت اقلیم سرد، به‌ویژه در مناطق کوهستانی، حجم قابل توجهی از ذخایر برفی از اواسط فصل پاییز تا اواخر بهار در ارتفاعات ذخیره می‌شود. بعلاوه، برف یکی از فاکتورهای مهم کنترل‌کننده‌ی هیدرو اقلیم هر ناحیه جغرافیایی است (قائمی و نوحی، ۱۳۵۵). بنابراین، مدیریت ذخایر آبی جهت تأمین منابع آب شرب، صنعتی و کشاورزی در چنین محدوده‌های جغرافیایی ضروری است. روش‌های سنتی اندازه‌گیری سطح پوشش برف، شامل اندازه‌گیری دستی درصد بارش برف یا عمق برف در چند نقطه در داخل حوضه‌های آبریز بوده، از طریق این نوع اندازه‌گیری‌ها، برآوردی کلی از مقدار پوشش برف به دست می‌آید (Maidment, 1992).

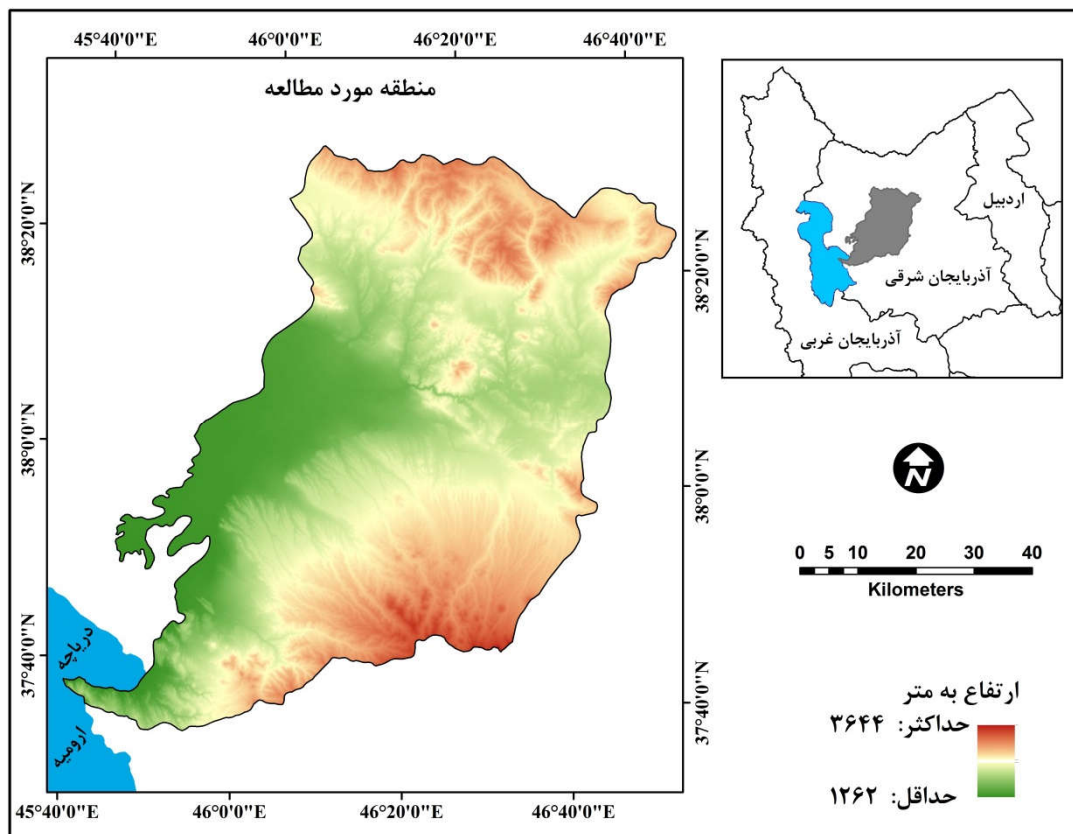
امروزه به‌منظور ایجاد مدل‌های هیدرولوژیکی کارآمد و مطمئن و بهبود پیش‌بینی‌ها، به برداشت و مشاهده‌های بیشتری نیاز است. در چند دهه گذشته، محققان نشان داده‌اند که با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور می‌توان ارزیابی‌های دقیقی در حوضه‌های آبریز نسبت به روش‌های سنتی ارائه کرد (Simpson, et al., 1998). در همین راستا برای نخستین بار، برف سنجی در سال ۱۹۶۰ در شرق کانادا توسط ماهواره TIROS-1 انجام شد. برآورد سطح پوشش برف با استفاده از تصاویر سنجش‌ازدور به‌طور معنی‌داری روند محاسبه و کارایی مدل‌های ذوب برف را بهبود می‌بخشد (Kite, 1991; Armstrong and Hardman, 1991; Seidel, et al., 1994; Singh and Jain, 2003). با ورود فناوری سنجش‌ازدور به کشور، محققان زیادی با استفاده از تصاویر حاصله از سنجنده‌هایی نظیر: SAR، TM، AVHRR و MODIS به مطالعه سطوح برفی حوضه‌های آبریز در مناطق مختلف پرداختند که در ادامه به برخی از این تحقیقات اشاره می‌شود.

رسولی و ادهمی (۱۳۸۶)، در تحقیقی با استفاده از پردازش تصاویر MODIS به محاسبه آب معادل از پوشش برفی در حوضه آبریز آجی چای در استان آذربایجان شرقی پرداختند. در این تحقیق با هم‌پوشانی منطقی چندضلعی‌های حاصله و نقشه سطح پوشش برف در محدوده تأثیر هر ایستگاه زمینی در محیط GIS، میزان همبستگی بین مقادیر بارش برف ثبت شده، مساحت هر کدام از زیرحوضه‌ها و آب ذوب معادل مثبت ارزیابی شد. رایگانی و همکاران (۱۳۸۷)، در تحقیقی از تصاویر سنجنده مودیس به منظور تهیه نقشه سطوح برف در زیر حوضه قلعه شاهرخ حوضه آبریز سد زاینده رود استفاده نمودند. نتایج تحقیق نشان داد که نقشه‌های سطوح برفی تهیه شده از تصاویر ماهواره‌ای از دقت بسیار خوبی برخوردار هستند. میریعقوب زاده و قنبرپور (۱۳۸۹)، به بررسی کاربرد نقشه‌های پوشش برفی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای MODIS در مدل‌سازی رواناب ذوب برف در حوضه آبریز سد کرج پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که شاخص پوشش برفی همراه با آستانه گذاری طیفی بر روی باندهای ۲ و ۴ رابطه‌ای پایدار در استخراج نقشه پوشش برفی را ارائه می‌نماید. وفاخواه و همکاران (۱۳۹۰)، در پژوهشی به مقایسه سطح پوشش برف در تصاویر ماهواره‌ای نوآ و سنجنده مودیس در حوضه آبخیز طالقان پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که از نظر هم‌پوشانی پوشش برف استخراج شده، هر دو تصویر دارای هم‌پوشانی خوبی بوده به‌طوری‌که می‌توان ادعان نمود که درصد هم‌پوشانی دو تصویر صددرصد می‌باشد.

بنابراین با توجه به اهمیت سطوح پوشش برفی، هدف از انجام این تحقیق مقایسه سطح پوشش برف در دو بازه زمانی برای سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ در تصاویر سنجنده AVHRR ماهواره NOAA در حوضه آبریز تبریز با مساحت ۵۵۱۹ کیلومترمربع در استان آذربایجان شرقی می‌باشد.

۲- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه این تحقیق، حوضه آبریز تبریز را شامل می‌شود. این حوضه یکی از زیرحوضه‌های حوضه آبریز دریایچه ارومیه محسوب می‌شود که در استان آذربایجان شرقی قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه از نظر موقعیت جغرافیایی بین $31^{\circ} 39' 45''$ تا $38^{\circ} 38' 47''$ طول شرقی و $51' 33''$ تا $37^{\circ} 18' 29''$ عرض شمالی واقع شده است. بر پایه گزارش‌های هواشناسی، متوسط بارندگی سالانه از $400 - 300$ میلی‌متر در سال متغیر است. مساحت حوضه حدود 5519 کیلومترمربع بوده که کلان‌شهر تبریز نیز در داخل آن جای گرفته است. حداکثر ارتفاع منطقه 3644 متر در ارتفاعات کوه سهند بوده و حداقل ارتفاع در بستر رودخانه آجی‌چای برابر 1262 متر از سطح دریا می‌باشد. شکل شماره (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را در کشور و استان آذربایجان شرقی به تصویر کشیده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۳- روش تحقیق

با توجه به هدف تحقیق جهت استخراج سطح پوشش برف منطقه مورد مطالعه از ۶ تصویر ماهواره‌ای NOAA در سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ مربوط به ماه‌های دی، بهمن و اسفند استفاده شد. ویژگی تصاویر سنجنده NOAA - AVHRR در جدول (۱) و تاریخ تصویرهای مورد استفاده در تحقیق در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات ماهواره نوآ ۱۹

کاربرد	محدوده طیفی	باند
تهیه نقشه ابرها و سطح زمین در طول روز	۰.۵۸ - ۰.۶۸ μm	۱ (مرئی)
تهیه نقشه ابرها و سطح زمین در طول روز	۰.۷۲۵ - ۱/۰۰ μm	۲ (مادون قرمز نزدیک)
شناسایی یخ و برف	۱/۰۵۸ - ۱/۶۴ μm	۳ A (مادون قرمز نزدیک)
بررسی دمای سطح دریا و ابرها در شب	۳/۵۵۰ - ۳/۹۳ μm	۳ B (مادون قرمز)
بررسی دمای سطح دریا و ابرها در شب	۱۰/۳۰ - ۱۱/۳۰ μm	۴ (مادون قرمز)
دمای سطح دریاها	۱۱/۵۰ - ۱۲/۵۰ μm	۵ (مادون قرمز)

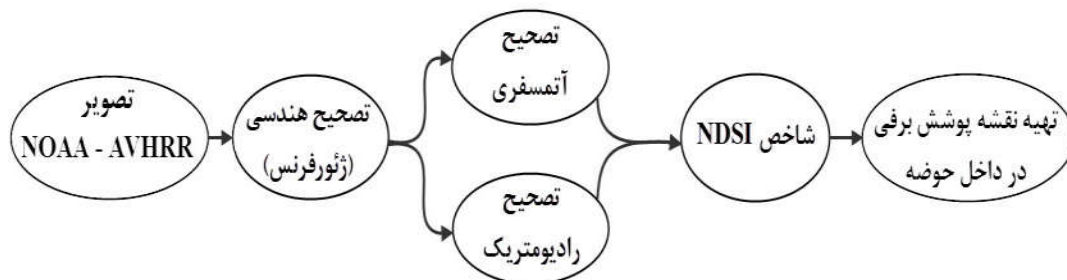
جدول ۲- تاریخ تصاویر مورد استفاده در تحقیق

تاریخ تصاویر	
۲۰۱۴/۰۱/۰۳	۲۰۱۳/۰۱/۰۱
۲۰۱۴/۰۲/۱۵	۲۰۱۳/۰۲/۰۸
۲۰۱۴/۰۲/۲۵	۲۰۱۳/۰۲/۲۰

پس از تهیه تصاویر مورد نیاز جهت انجام این تحقیق، در ادامه کار جهت استخراج پوشش برفی منطقه از تصاویر ماهواره‌ای تهیه شده از شاخص برفی تفاضلی نرمال شده (NDSI¹) استفاده شد. الگوریتم تهیه نقشه پوشش برف با این شاخص بر اساس رابطه (۱) تعریف می‌شود.

$$\text{NDSI} = \frac{\text{NOAA}_{\text{Band3}} - \text{NOAA}_{\text{Band1}}}{\text{NOAA}_{\text{Band3}} + \text{NOAA}_{\text{Band1}}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

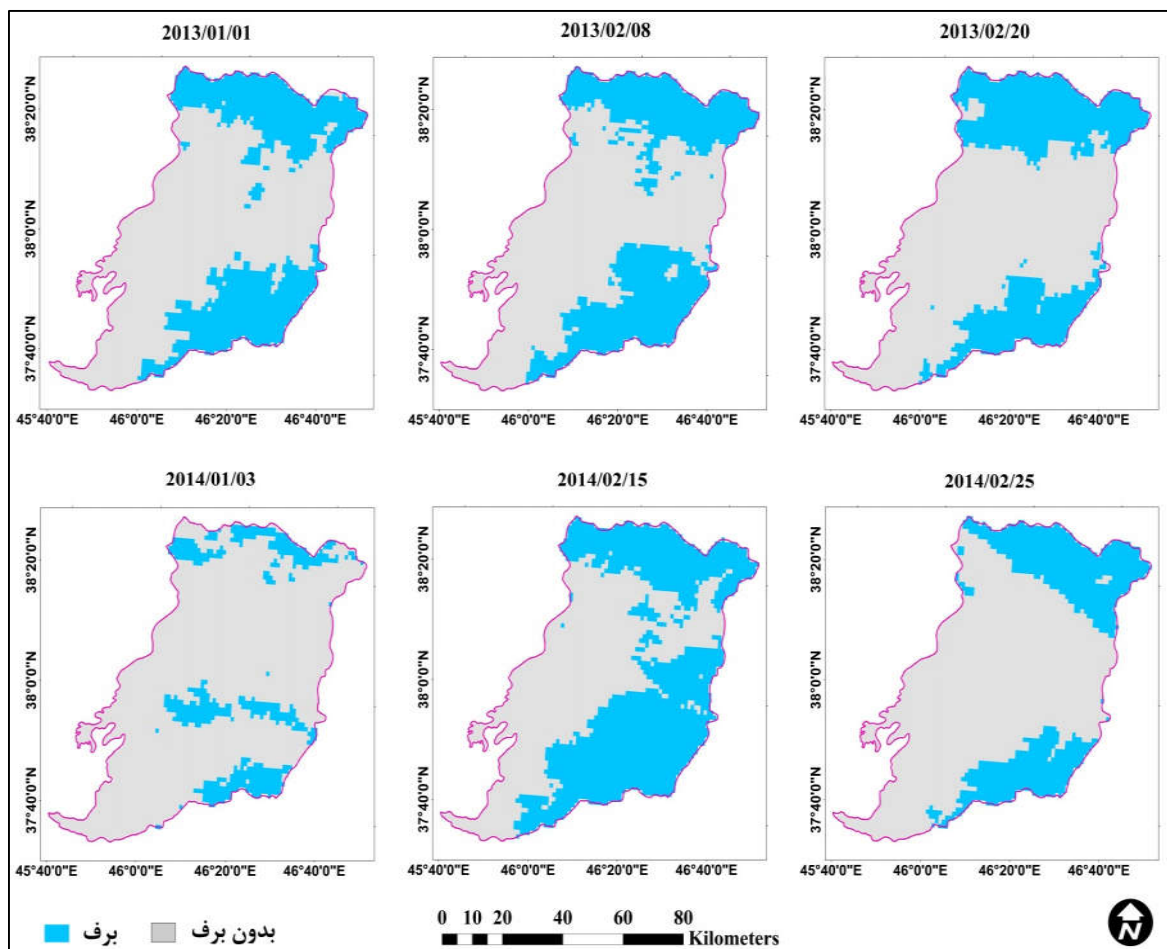
در این رابطه: NDSI شاخص برفی تفاضلی نرمال شده، NOAA_{Band3} تصویر باند سوم ماهواره NOAA پس از انجام تصحیحات هندسی و رادیومتریک در محدوده طیفی مادون قرمز نزدیک و NOAA_{Band1} تصویر باند اول ماهواره NOAA با طول موج ۰.۶۸ - ۰.۵۸ میکرومتر در محدوده طیفی مرئی پس از انجام تصحیحات هندسی و رادیومتریک می‌باشد. نقشه برفی تهیه شده با این روش در فرمت باینری بوده و از منطق بولین پیروی می‌کند و در این مدل، کل تصویر به دو منطقه برفی و بدون برف طبقه‌بندی می‌گردد. در شکل (۲) مراحل پردازش تصاویر ماهواره‌ی NOAA جهت آشکارسازی سطوح برفی، به‌طور شماتیک نشان داده شده است.



شکل ۲- مراحل استخراج پوشش برفی در تصاویر NOAA-AVHRR

۴- یافته‌های تحقیق

پس از انجام تصحیحات هندسی، رادیومتریک و اتمسفری بر روی تصاویر مورد نظر، جهت استخراج سطوح پوشش برفی منطقه، شاخص NDSI روی هر یک از تصاویر اعمال و نقشه سطوح برفی منطقه تهیه شد. نتایج نهایی اعمال شاخص NDSI روی تصاویر ماهواره‌ای NOAA در شکل (۳) آورده شده است. همان‌طور که در بخش روش تحقیق گفته شد، نقشه‌های برفی حاصله به صورت باینری تهیه شده‌اند، بدین معنی که هر نقشه شامل دو طبقه پوشیده از برف یا محدوده بدون برف می‌باشد. با توجه به نقشه‌های سطوح برفی تهیه شده مشخص شد که در همه تصاویر مورد استفاده در تحقیق بیشترین تمرکز سطوح برفی در دو نقطه از منطقه کاملاً مشهود می‌باشد که یکی در قسمت شمال و شمال غرب منطقه بوده و دیگری در جنوب شرقی منطقه می‌باشد که دلیل آن قرارگیری توده کوهستانی سهند در این بخش از منطقه می‌باشد. مناطق فاقد پوشش برفی نیز در قسمت غرب و جنوب منطقه دیده می‌شود. در این قسمت با توجه به ارتفاع کم منطقه، بارش برف کم بوده و در صورت وجود بارش برف نیز به دلیل وجود مراکز شهری و صنعتی از جمله شهر تبریز و بالا بودن دما نسبت به ارتفاعات اطراف منطقه پوشش برفی به سرعت ذوب می‌شود. لازم به ذکر است که تمامی مراحل پردازش و استخراج سطوح پوشش برفی در محیط نرم‌افزار ERDAS انجام شده و جهت گرفتن خروجی و تهیه نقشه‌ها از نرم‌افزار Arc GIS استفاده شده است.



شکل ۳- سطح پوشش برف منطقه در تصاویر NOAA-AVHRR

جهت مقایسه سطوح برفی در دو بازه زمانی برای سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴، پیکسل‌های برفی استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی به فرمت شیپ فایل تبدیل شده و مساحت هر یک از آن‌ها محاسبه شد. نتایج محاسبه مساحت سطوح پوشش برفی نشان داد که در سال ۲۰۱۳ مساحت بیشتری از منطقه زیر پوشش برفی بوده است. نکته قابل توجه در بررسی نقشه‌های پوشش برفی این بود که در هر دو سال، ماه بهمن بیشترین سطوح برفی را در سطح حوضه داشته است. در جدول (۳) مساحت سطوح برفی در هریک از تصاویر ماهواره‌ای ارائه شده است.

جدول ۳- مساحت سطوح پوشش برفی منطقه مورد مطالعه

تاریخ تصویر	مساحت به کیلومتر مربع	تاریخ تصویر	مساحت به کیلومتر مربع
۲۰۱۳/۰۱/۰۱	۱۴۶۷	۲۰۱۴/۰۱/۰۳	۶۰۷
۲۰۱۳/۰۲/۰۸	۱۵۷۱	۲۰۱۴/۰۲/۱۵	۲۰۴۲
۲۰۱۳/۰۲/۲۰	۱۳۹۰	۲۰۱۴/۰۲/۲۵	۱۱۵۳

۵- نتیجه‌گیری

در این تحقیق جهت بررسی سطوح پوشش برفی در حوضه آبریز تبریز از تصاویر ماهواره‌ای NOAA در سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ استفاده شد. نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان می‌دهد که تصاویر ماهواره‌ای NOAA به‌منظور بررسی پارامترهای هیدرو اقلیمی نظیر برف بسیار مناسب هستند. تصاویر ماهواره‌ای NOAA با دارا بودن قدرت تفکیک مناسب از نقطه نظرهای زمانی، طیفی، رادیومتریکی و مکانی ابزار مناسبی در روند برآورد سطح پوشش برفی و تخمین مقادیر آب ذوب معادل برف محسوب می‌شوند. در این تحقیق پس از تهیه تصاویر مورد نیاز تحقیق و انجام تصحیحات هندسی، رادیومتریکی و اتمسفری بر روی تصاویر، جهت استخراج سطوح پوشش برفی در حوضه مورد مطالعه از شاخص NDSI استفاده شد. با بررسی هر یک از نقشه‌های سطوح پوشش برفی تهیه شده مشخص شد که در هر دو سال بیشترین سطوح برفی مربوط به ماه بهمن بوده است. همچنین نقشه‌های تهیه شده نشان می‌دهند که میزان بارش برف در سال ۲۰۱۴ نسبت به سال ۲۰۱۳ روند کاهشی داشته است.

مراجع

- ۱- رایگانی، بهزاد؛ سلطانی کویایی، سعید؛ خواجه الدین، سید جمال‌الدین و سوسن براتی (۱۳۸۷)، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS و شاخص NDSI به‌منظور تهیه نقشه‌های پوشش برفی، فصلنامه منابع طبیعی ایران، سال شصت و یکم، شماره ۳، صص ۵۲۵-۵۳۶
- ۲- رسولی، علی‌اکبر و سلام ادهمی (۱۳۸۶)، محاسبه آب معادل از پوشش برفی با پردازش تصاویر سنجنده MODIS، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۰، صص ۲۳-۳۶
- ۳- قائمی، هوشنگ و احمد نوحی (۱۳۵۵)، تجزیه و تحلیل آماری ریزش برف، انتشارات دفتر پژوهشی سازمان هواشناسی تهران



۴- میریعقوبزاده، میرحسن و محمدرضا قنبرپور (۱۳۸۹)، بررسی کاربرد نقشه‌های پوشش برفی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای MODIS در مدل‌سازی رواناب ذوب برف (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سد کرج)، مجله علوم زمین، سال نوزدهم، شماره ۷۶، صص ۱۴۱-۱۴۸

۵- وفاخواه، مهدی؛ محسنی ساروی، محسن؛ مهدوی، محمد و سیدکاظم علوی پناه (۱۳۹۰)، مقایسه سطح پوشش برف در تصاویر ماهواره‌ای نوآ و سنجنده مودیس (مطالعه موردی: حوزه آبخیز طالقان)، مجله پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، شماره ۹۲، صص ۸۰-۹۴

6- Armstrong, R., Hardman, M (1991), Monitoring global snow cover. Proceedings of IGARSS, Remote sensing: Global monitoring for earth management, IEEE, vol. 4, 1947- 1949 pp.

7- Kite, G. W (1991), Watershed model using satellite data applied to a mountain basin in Canada. Journal of Hydrology, no. 128 (1- 4), 157-169 pp.

8- Maidment, D. R. (1992), Handbook of Hydrology, McGraw-Hill, Inc, New York, USA.

9- Maurer, E. P., Rhoads, J. D., Dubayah, R. O., & Lettenmaier, D. P (2003), Evaluation of the snow-covered area data product from MODIS. Hydrological Processes, 17, 59- 71.

10- Seidel, K., Brusch, W. & Steinmeier, C (1994), Experiences from Real Time runoff Forecasts by Snow Cover Remote Sensing. Proceedings IGARSS, surface and atmospheric remote sensing: Technologies, data analysis and interpretation. IEEE, vol. 4, 2090 - 2093 pp.

11- Simpson, J. J., J. R. Stitt, and M. Sienko (1998), Improved estimates of the arial extent of snow cover from AVHRR data" Journal of Hydrology, No. 204.

12- Singh, P. & Jain, S. K (2003), Modelling of streamflow and its components for a large Himalayan basin with predominant snow melt yields. Hydrological Sciences Journal, 48, 257- 275 pp.