

## مقایسه سطح پوشش برف در تصاویر ماهواره‌ی نوآ و سنجنده مودیس (مطالعه موردی حوزه آبخیز طالقان)

• مهدی وفاخواه (نویسنده مسئول)

استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس

• محسن محسنی ساروی و • محمد مهدوی

اساتید دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

• سید کاظم علوی پناه

دانشیار گروه جغرافیا دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: بهمن ماه ۱۳۸۸ تاریخ پذیرش: دی ماه ۱۳۸۹

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۳۱۷۹۶۹۹

Email: vafakhah2000@yahoo.com

### چکیده

پایش مکانی و زمانی سطوح پوشیده شده از برف و آب معادل برف از اهمیت زیادی در مدیریت حوزه های آبخیز برخوردار است. تحقیق حاضر با هدف مقایسه سطح پوشش برف در تصاویر ماهواره ی نوآ و سنجنده مودیس در حوزه آبخیز طالقان انجام شده است. بدین منظور ۱۴ تصویر همزمان ماهواره ی نوآ و سنجنده مودیس مربوط به سالهای ۲۰۰۳، ۲۰۰۴، ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ از سازمان فضایی ایران دریافت گردید و سطح پوشش برف در هر یک از تصاویر استخراج و تصاویر با همدیگر مقایسه گردید. نتایج نشان داد که خطای برآورد مساحت پوشش برفی در تصاویر ماهواره نوآ نسبت به سنجنده مودیس به طور متوسط ۵۷/۹۷ درصد و در دامنه بین ۳/۸۷ درصد تا ۲۶۷/۴۲ درصد است. از نظر هم پوشانی پوشش برف استخراج شده، هر دو تصویر دارای هم پوشانی خوبی بوده به طوری که می توان اذعان نمود که درصد هم پوشانی دو تصویر صددرصد می باشد.

کلمات کلیدی: تصاویر ماهواره ی نوآ، تصاویر سنجنده مودیس، سطح پوشش برف، حوزه آبخیز طالقان.

Watershed Management Research (Pajouhesh &amp; Sazandegi) No 92 pp: 80-94

**Comparison of snow cover area (SCA) in NOAA and MODIS Images (A case study: Taleghsn Watershed)**

By: Mahdi Vafakhah, Assistant Professor of Natural Resources Faculty of Tarbiat Moddares University (Corresponding Author; Tel: +989123179699) Mohsen Mohseni Saravi, and Mohamad Mahdavi, Professors, Natural Resources Department, Tehran University Seyyed Kazem Alavipannah, Associate Professor, Geographical Department, Tehran University.

The temporal and spatial inventory of snow cover area and snow equivalent is one of the important challenges in watershed management. The present research was carried out for comparison of snow cover area in NOAA satellite and MODIS images in the watershed area of Taleghan. For this reason, 14 NOAA satellite and MODIS contemporary images have obtained from Iranian space agency for 2003, 2004, 2005 and 2006 years. Snow cover area (SCA) was extracted from all images. Also, the NOAA and MODIS images were comprised together. The comparison of NOAA and MODIS images revealed that the accuracy average of SCA estimation error was 57.97 percent ranging from 3.87% to 267.42%. Overlap of two images is good regarding to SCA, so that can be acknowledged that the overlap of two images is 100%.

**Key words:** NOAA satellite images, MODIS instrument images, Snow cover area, Taleghan watershed

**مقدمه**

طبق بررسی‌های انجام شده حدود ۶۰ درصد آب‌های سطحی و ۵۷ درصد زیر زمینی کشور از ذوب برف تامین می‌شود (۸). بیشتر مناطق برف‌گیر ایران در ارتفاعات کوهستانی قرار دارند که در این مناطق شبکه ایستگاه‌های دیدبانی و اندازه‌گیری برف توسعه نیافته است، در نتیجه انباشت و ذوب برف در این مناطق به طور دقیق و گسترده اندازه‌گیری نمی‌شود. نبود اطلاعات کافی و درست از ذخایر برفی موجب می‌شود که نه تنها از آب حاصل از ذوب برف استفاده بهینه نشود، بلکه خسارت‌های جبران‌ناپذیری به دلیل ایجاد سیل مانند سیل رودخانه کارون در فروردین سال ۱۳۷۷ نیز در پی داشته باشد. بنابراین پایش مکانی و زمانی سطوح پوشیده شده از برف و آب معادل برف از اهمیت زیادی برخوردار است.

Rango و همکاران (۱۹) اطلاعات ماهواره‌های نوآ<sup>۱</sup> و ژئوز<sup>۲</sup> را برای تعیین پوشش برفی حوضه‌های با وسعت بیش از ۲۰۰ کیلومتر مربع، تصاویر ماهواره لندست را برای مساحت بیش از ۲/۵ کیلومتر مربع، عکس‌های هوایی را برای وسعت بیش از ۱ کیلومتر مربع و اطلاعات ماهواره اسپات را برای مساحت‌های بیش از دو کیلومتر مربع توصیه نمودند.

Ramamoorthi (۱۸) نقش سطح مناطق پوشیده از برف را در برآورد رواناب فصل ذوب برف بررسی نموده و با استفاده از درصد مناطق پوشیده از برف مدل رگرسیونی برای برآورد رواناب فصل ذوب برف در حوزه آبخیز ستلج هندوستان ارائه نمود. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که درجه حرارت تأثیر معنی‌داری در تغییر رواناب ناشی از ذوب برف از سالی به سال دیگر ندارد. در حالی که سطح پوشش برف متغیر با اهمیت در پیش‌بینی رواناب ناشی از ذوب برف در حوزه‌های آبخیز بزرگ مانند حوزه آبخیز ستلج می‌باشد.

Emeretekeli و همکاران (۱۱) با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس نقشه‌های پوشش برف را تهیه نموده و رواناب حاصل از ذوب برف را با استفاده از مدل SRM<sup>۳</sup> در دو سال آبی ۱۹۹۷ و ۱۹۹۸ برای حوضه رودخانه فرات در بخش شرقی ترکیه پیش‌بینی نمود. نتایج این تحقیق ضریب تعیین از ۰/۸۵ تا ۰/۹۵ و اختلاف حجمی از ۰/۵۶ تا ۹/۳ درصد را نشان داد.

Gupta و همکاران (۱۳) با کمک تصاویر ماهواره IRS<sup>۴</sup> در هندوستان مناطق با پوشش برفی خشک را از تر تفکیک نمودند. در مقایسه بین پوشش برف خشک اندازه‌گیری شده با روش‌های زمینی و پوشش برف خشک برآورد شده از روش حرارتی مقدار اختلاف از ۱/۷ تا ۴۲/۷ درصد مشاهده شد.

Nagler و همکاران (۱۷) با استفاده از داده‌های هواشناسی و سنجش از دور رواناب حاصل از ذوب برف در سه حوزه آبخیز اتریش برای سال‌های آبی ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ شبیه‌سازی و پیش‌بینی نمودند و ضرایب رگرسیونی و اختلاف حجمی متفاوتی برای هر کدام از سال‌های آبی ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ به دست آوردند.

محمدی فارسانی (۷) در حوضه قلعه شارخ و اسکندری آمار دما، ساعات آفتابی و دبی روزانه از سال زراعی ۵۲-۵۱ تا ۷۲-۷۱ و همچنین سطح پوشش برف را به منظور پیش‌بینی آبدوی تهیه، و در نهایت هشت مدل برای پیش‌بینی آبدوی به دست آورد.

پر همت و ثقفیان (۱) طی تحقیقی به ارزیابی قدرت تفکیک پذیری اطلاعات ماهواره‌ها در تعیین سطح تحت پوشش برف پرداختند. بدین منظور آنها سنجنده AVHRR ماهواره NOAA و سنجنده TM ماهواره لندست در منطقه زاگرس و سرشاخه‌های کارون را مقایسه نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که مساحت پوشش برفی در تصاویر ماهواره NOAA نسبت به ماهواره لندست بین ۱۵ تا ۱۷ درصد اختلاف دارد.

علی محمدی و جلوخانی نیارکی (۴) با استفاده از تصاویر NOAA، دقت تفکیک برف از ابر با متوسط کاپای کلی ۰/۸۳۱ خوب ارزیابی نمودند. تغییرات سطح پوشش برف نیز با استفاده از روش تفریق نقشه‌های چند زمانه برف آشکارسازی شد. نتایج حاصل از بررسی وضعیت توپوگرافی (ارتفاع و شیب) نشان داد که کلاس تغییر پوشش برف در مقایسه با کلاس عدم تغییر پوشش برف در زمین‌های با ارتفاع پایین‌تر و شیب بیشتری قرار دارد که این موضوع با مبانی تئوریک هم‌خوانی دارد و تا حدودی نشان دهنده قابلیت اعتماد نقشه‌های تغییر برف تهیه شده است.

نصف زاده و همکاران (۹) تغییرات سطح پوشش برف بخشی از حوضه زاینده رود را با استفاده از تصاویر ماهواره ای NOAA مورد بررسی قرار

است که خروجی آن نزدیک روستای گلینک در محل ایستگاه آب سنجی می باشد. این بخش شامل سراب حوزه آبخیز طالقان و بخشی از حوزه میانی آن است. منطقه مورد مطالعه، بین عرض جغرافیایی  $30^{\circ} 05' 36''$  تا  $15^{\circ} 11' 36''$  شمالی و طول جغرافیایی  $50^{\circ} 45' 00''$  تا  $51^{\circ} 05' 36''$  شرقی واقع است. این بخش حوزه به طور عمده کوهستانی می باشد که حداکثر و حداقل ارتفاع آن به ترتیب ۴۴۰۰ و ۱۷۹۰ متر از سطح دریا بوده و ارتفاع متوسط منطقه نیز ۲۷۳۴ متر از سطح دریا است. طول رودخانه تا محل ایستگاه گلینک حدود ۳۹ کیلومتر است. مساحت منطقه مورد مطالعه  $80437/52$  هکتار می باشد (شکل ۱) (۶).

### روش تحقیق

#### استخراج سطح پوشش برف از تصاویر NOAA

تصاویر مورد استفاده طبق مشخصات عمومی مندرج در Header گذرها، زمین مرجع شدند. عمل نمونه گیری مجدد<sup>۵</sup> به روش نزدیکترین همسایه صورت پذیرفت. در تصویربرداری ماهواره، ممکن است تصویر از نظر موقعیت جغرافیایی واقعی دچار جابجایی شود، که بایستی به موقعیت واقعی بازگردانده شود این عمل با نام ثبت داده شناخته شده و با عوارض مشخص مانند قله های مشخص یا عوارض دیگر مانند دریاچه ها و دریاها و یا مرزهای آبی قابل انجام می باشد. نقطه های که برای این عمل گزینش می شوند بایستی پراکنش مناسب داشته باشند. با توجه به دقت تصاویر NOAA در حدود ۱/۱ کیلومتر، پیدا کردن این عارضه ها بسیار مشکل می باشد.

این مرحله یکی از دشوارترین و بلندترین مرحله های کار بر روی تصویرهای ماهواره ای بوده و نبود دقت در آن باعث خطای زیاد در نتایج خواهد شد. برای ثبت این داده ها از دریاچه سد طالقان، رودخانه طالقان، سرشاخه های فرعی این رودخانه، تصویر DEM منطقه و قله ها که به صورت تصویر وکتوری بودند بهره گیری شد.

دادند، و برای شبیه سازی و پیش بینی جریان رودخانه مدل SRM را به کار گرفتند.

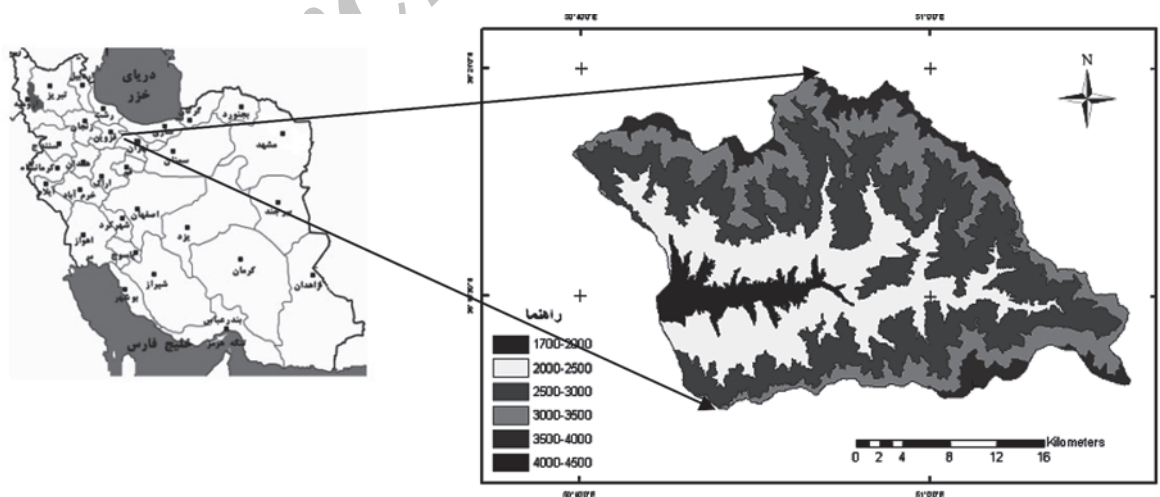
قنبرپور و همکاران (۴) تغییرات زمانی و مکانی سطح پوشش برف به منظور بررسی مناطق انباشت و ماندگاری برف در حوزه کارون با استفاده از تحلیل تصاویر ماهواره ای و روش هواشناسی مورد بررسی قرار دادند. با کاربرد یک مدل بیلان آبی و روابط منطقه ای، سهم ذوب برف در رواناب سالیانه برای سطوح مختلف حوزه را تعیین نموده و رتبه بندی سطوح حوزه بر اساس اطلاعات مکانی حاصل از مقدار سهم ذوب برف زیر حوزه در رواناب و سطوح فراوانی و پتانسیل انباشت و ماندگاری سطح برف را انجام دادند.

در این تحقیق دمای آستانه ریزش برف نیز که از پارامترهای اساسی مطالعات برف در مناطق کوهستانی است با استفاده از تحلیل داده های سینوپتیک و داده های سنجش از دور تعیین شده است. رسولی و ادهمی (۳) در تحقیقی با استفاده از تصاویر ماهواره ای سنجنده MODIS و بر اساس الگوریتم های مختلف سطح پوشش برف را برای حوزه آبریز آجی چای به دست آوردند. در این مطالعه به منظور پایش سطح پوشش برف از تصاویر ماهواره NOAA سنجنده AVHRR به دلیل ثبت طولانی مدت و داشتن آرشیو داده های تاریخی نسبتاً مناسب استفاده شد. رایگانی و همکاران (۲) از تصاویر سنجنده مودیس به منظور تهیه نقشه سطوح برف در زیر حوزه قلعه شاهرخ حوزه آبخیز سد زاینده رود استفاده نمودند و نتیجه گرفتند دقت این نقشه ها بسیار خوب است. تحقیق حاضر با هدف مقایسه استخراج پوشش برف در تصاویر ماهواره ی نوآ و سنجنده مودیس در حوزه آبخیز طالقان انجام شده است.

### مواد و روش ها

#### ویژگی های منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق بخشی از حوزه آبخیز طالقان



شکل ۱ موقعیت منطقه مورد تحقیق در ایران

### استخراج سطح پوشش برف از تصاویر سنجنده MODIS

آماده سازی تصاویر مانند تصاویر NOAA انجام گرفت. برای تهیه نقشه پوشش برف الگوریتمی به وسیله Hall و همکاران (۱۲) با استفاده از باندهای با قدرت تفکیک زمینی ۵۰۰ به منظور جدا نمودن برف از ابر ارائه شده است. الگوریتم استفاده شده برای تهیه نقشه پوشش برف بر این اساس می باشد که برف در طول موج مرئی (۰/۵ تا ۰/۷ میکرومتر) دارای انعکاس زیاد و در طول موج کوتاه مادون قرمز (۱ تا ۴ میکرومتر) دارای انعکاس کم است. از باندهای ۴ با طول موج ۰/۵۶۵-۰/۵۴۵ میکرومتر در محدوده طیفی مرئی و ۶ با طول موج ۱/۶۵۲-۱/۶۲۸ میکرومتر در محدوده طیفی مادون قرمز نزدیک به طور خودکار برای استخراج شاخص برفی تفاضلی نرمال شده (NDSI) و بر اساس معادله ۲ محاسبه می گردد.

$$NDSI = \frac{MODIS_{Band4} - MODIS_{Band6}}{MODIS_{Band4} + MODIS_{Band6}} \quad (2)$$

در این رابطه: NDSI شاخص برفی تفاضلی نرمال شده، MODIS<sup>Band4</sup> تصویر باندهای چهارم سنجنده MODIS پس از انجام تصحیحات رادیومتریک و MODIS<sup>Band6</sup> تصویر باندهای ششم سنجنده MODIS پس از انجام تصحیحات رادیومتریک است. از این شاخص می توان برای تفکیک برف و یخ از یکدیگر و همچنین برای جداسازی برف از ابرهای ارتفاع بالای اتمسفر نظیر ابرهای کومولونیبوس استفاده نمود. در واقع، این شاخص معیاری برای محاسبه ی مقدار نسبی خواص تفاضلی است که از بازتابش بین باندهای مرئی و مادون قرمز طول موج کوتاه برف حاصل می شود. شاخص مذکور به گستره ی شرایط نوردی غیر حساس بوده و نسبت به تاثیرات اتمسفری، قابل تنظیم است. به بیان دیگر این شاخص فقط به مقادیر بازتابش در یک باند بستگی ندارد، بلکه به میزان ارزش رقومی بازتابش پیکسل ها نیز وابسته است. Hall و همکاران (۱۲) ثابت نمودند که الگوریتم استفاده شده برای تهیه نقشه برفی در مناطق با پوشش گیاهی کم پشت از قبیل علفزارها، زمین های کشاورزی و توندراها به بهترین نحوه عمل می کند. در این شرایط، باند دو MODIS اساساً برای شناسایی برف مورد پردازش قرار می گیرد و مولفه های NDSI الگوریتم نقشه ی برفی، به طور موثر ابرها (به استثناء ابرهای ارتفاع بالا) را فیلتر می کند. این ابرها در برگزیده ی تکه های یخ بوده و ممکن است باعث طبقه بندی نادرست پوشش برف شوند. با توجه به این معیار، در صورتی می توان نتایج شاخص NDSI را قبول کرد که میزان انعکاس باند دو بیشتر از ۱۱ درصد باشد.

دومین معیار تحت عنوان اهداف تیره توسط Klein و همکاران (۱۵، ۱۶) مطرح شده است. در این حالت، انعکاس ۱۰ درصد در باند چهارم به عنوان حد پایین تشخیص و تفکیک پوشش گیاهی از برف شناخته می شود.

برای پیکسل های طبقه بندی شده به عنوان برف، انعکاس در باند چهارم باید مساوی یا بیشتر از ۱۰ درصد بوده باشد. علی رغم ارزش بالای شاخص NDSI، در مواردی هدف های تیره مانع طبقه بندی صحیح برف می شوند. بنابراین، با توجه به دو معیار فوق الذکر، الگوریتم پوشش برف در صورتی

در این روش یک تصویر ثبت یافت و سایر تصویرها به تصویر اول و عارضه های مشخص در آن ثبت داده شدند. برای ارزیابی نتیجه نهایی با توجه به تصویرهای برفی و تجزیه تعیین تغییرهای دقت این عمل مورد بررسی قرار گرفته و حتی در مواردی چند بار این عمل ثبت از آغاز انجام شده تا نتیجه دلخواه به دست آید.

تصحیحات جوی بر روی تصاویر توسط نرم افزار ILWIS با توجه به عوارضی که هم در باند مرئی و هم در باند غیرمرئی عدد صفر یا نزدیک به آن دارند و با توجه به این که باند مادون قرمز تاثیر کمتری از این ذرات معلق می پذیرد از این باند یا باندها برای تصحیح باندهای مرئی بهره گیری شد. سایه و آب از عوارضی هستند که بدین منظور استفاده گردید (۱۰). برای تصحیح باندهای مادون قرمز از دریاچه سد طالقان بهره گیری شده و با توجه به این نکته که آب به تقریب همه امواج مادون قرمز نزدیک و یا میانی را جذب کرده و یا از خود عبور می دهد، ارزش پیکسل های مادون قرمز در بخشهای عمیق دریاچه سد بایستی برابر یا نزدیک به صفر باشد برای بخش مرئی نیز از سایه بهره گیری شد.

در نهایت با شاخص برفی تفاضلی نرمال شده (NDSI) عمل تصحیح جوی کنترل شد و دقت آن مورد تایید قرار گرفت. به جزء موارد جزئی تصاویر مورد استفاده فاقد پوشش ابر بر روی منطقه مورد مطالعه بود. در سایر موارد ابرها به روش تصحیح پیکسل و استفاده از داده های زمانی قبل یا بعد، نزدیک به زمان تصویربرداری، پوشش ابر در آنها از بین رفت. به منظور استخراج پوشش برف در تصاویر NOAA از الگوریتم Simpsom و همکاران (۲۰) استفاده شد. الگوریتم تهیه نقشه پوشش برف بر اساس رابطه ۱ تعریف می شود.

$$NDSI = \frac{NOAA_{Band3} - NOAA_{Band1}}{NOAA_{Band3} + NOAA_{Band1}} \quad (1)$$

در این رابطه: NDSI شاخص برفی تفاضلی نرمال شده، NOAA<sup>Band3</sup> تصویر باند سوم ماهواره NOAA پس از انجام تصحیحات رادیومتریک با طول موج ۳/۹۳-۳/۵۵ میکرومتر در محدوده طیفی مادون قرمز نزدیک و NOAA<sup>Band1</sup> تصویر باندهای اول ماهواره NOAA با طول موج ۰/۶۸-۰/۵۸ میکرومتر در محدوده طیفی مرئی پس از انجام تصحیحات رادیومتریک می باشد. خروجی این مدل تصویری است که در آن پوشش برف عموماً اعداد مثبت و غیر آن اعداد منفی را در هر جز تصویر به خود اختصاص داده اند.

لازم به توضیح است که نقشه ی برفی نهایی در فرمت باینری بوده و از منطق بولین پیروی می کند و در این مدل، کل تصویر به دو پهنه برفی و بدون برف طبقه بندی می گردد. به منظور استخراج سطح پوشش برف محدوده حوزه آبخیز طالقان، در محیط نرم افزار ILWIS لایه های رقومی حوزه مورد مطالعه در فرمت رستری (مطابق با سیستم تصویر ماهواره NOAA) زمین مرجع شد. با تولید DEM منطقه با استناد به نقشه توپوگرافی با مقیاس، و اجرای دستور تقاطع، محدوده حوزه آبخیز طالقان استخراج شد.

در این رابطه:  $Z_i = \text{درصد خطای هم پوشانی در میدان برفی } i$  ام،  
 $AO_i = \text{مساحت هم پوشانی دو ماهواره در میدان برفی } i$  ام و  $A_i = \text{مساحت}$   
 میدان برفی  $i$  ام در ماهواره MODIS.

### نتایج

**مقایسه سطح پوشش برف در تصاویر NOAA و MODIS**  
 به منظور مقایسه تصاویر با همدیگر بر اساس روش تحقیق ارائه شده عمل شد. اشکال ۲ و ۳ سطح پوشش برف با استفاده از تصاویر NOAA و MODIS را نشان می دهد.

نتایج مقایسه کلی میدان های برفی NOAA و MODIS در تاریخ های متفاوت در جدول ۱ و شکل ۴ ارائه شده است. با توجه به جدول ۱ و شکل ۱ تصاویر NOAA به جزء در تاریخ های ۲۰۰۳/۰۱/۰۵، ۲۰۰۳/۰۱/۲۹ و ۲۰۰۴/۰۱/۲۰ در بقیه تاریخ ها سطح پوشش برف بیشتری را نسبت به تصاویر MODIS نشان می دهند. از نظر هم پوشانی پوشش برف استخراج شده، هر دو تصویر دارای هم پوشانی خوبی بوده به طوری که می توان اذعان نمود که درصد هم پوشانی دو تصویر صددرد می باشد از آن جایی که در مکان های که به وسیله تصاویر MODIS برف تشخیص داده شده است به وسیله تصاویر NOAA هم برف تشخیص داده شده است و همچنین سطح آنها با هم یکسان می باشد.

به جزء تصویر تاریخ ۲۰۰۴/۱۵/۲۰ که اختلاف دو ماهواره زیاد می باشد در بقیه موارد این اختلاف بین ۳/۸۷ درصد تا ۲۶۷/۴۲ درصد و به طور متوسط ۵۷/۹۷ درصد تغییر می نماید.

همچنین تصاویر MODIS عمدتاً در فصل ذوب دارای توده های برفی قطعه ای نسبت به نقشه های برفی استخراج شده از تصاویر NOAA می باشند. در فصل بارش به دلیل ماندگاری برف و یکپارچگی توده های برفی شرایط یکسانی بین دو ماهواره دیده می شود.

بنابراین وضعیت قطعه ای بودن توده های برفی استخراج شده از MODIS در فصل ریزش کمتر از فصل ذوب می گردد. لازم به توضیح است که اختلاف به وجود آمده در بعضی تاریخ ها به دلیل عدم همزمانی تصویر دو ماهواره می باشد.

معادلات همبستگی پلی گون های برف سنجنده MODIS، متغیر وابسته  $Z_i$  و ماهواره NOAA در روابط ۵ و ۱۹ مربوط به تاریخ ۲۰۰۳/۰۱/۰۵، ۲۰۰۳/۰۱/۲۹ و ۷ و ۲۱ مربوط به تاریخ ۲۰۰۳/۰۳/۱۰ و ۲۳ و ۲۰۰۳/۰۳/۱۰ مربوط به تاریخ ۲۰۰۳/۰۳/۱۰ و ۲۴ مربوط به تاریخ ۲۰۰۴/۰۱/۲۰، ۱۱ و ۲۵ مربوط به تاریخ ۲۰۰۴/۰۳/۱۵، ۱۲ و ۲۶ مربوط به تاریخ ۲۰۰۴/۰۴/۱۳ و ۱۳ و ۲۷ مربوط به تاریخ ۲۰۰۵/۰۱/۰۴، ۱۴ و ۲۸ مربوط به تاریخ ۲۰۰۵/۰۳/۰۹ و ۱۵ و ۲۹ مربوط به تاریخ ۲۰۰۵/۰۴/۰۶، ۱۶ و ۳۰ مربوط به تاریخ ۲۰۰۶/۰۲/۰۱ و ۱۷ و ۳۱ مربوط به تاریخ ۲۰۰۶/۰۳/۰۷ و ۱۸ و ۳۲ مربوط به تاریخ ۲۰۰۶/۰۴/۰۳ به عنوان نمونه در اشکال ۲ تا ۴ و جدول ۲ مربوط به تاریخ ۲۰۰۳/۰۱/۲۹ آورده شده است. در ضمن برای تاریخ ۲۰۰۴/۰۲/۱۵ معادله ی به دست نیامد.

یک پیکسل را برف تلقی خواهد نمود که شرایط مندرج در ذیل محقق شده باشد.

- باند دو دارای بازتابش بیش از ۱۱ درصد باشد،
  - باند چهار دارای بازتابش برابر یا بیشتر از ۱۰ درصد باشد، و
  - در مجموع باید مقدار NDSI بیشتر از ۰/۴ برآورد گردد(۱۰).
- لازم به توضیح است که نقشه ی برفی نهایی در فرمت باینری بوده و از منطق بولین پیروی می کند و در این مدل، کل تصویر به دو پهنه برفی و بدون برف طبقه بندی می گردد.
- به منظور استخراج محدوده حوزه آبخیز طالقان مانند تصاویر NOAA انجام گردید. همراه با تصاویر درخواست شده از سازمان فضایی ایران، فایل اطلاعات جانبی شامل عرض از مبداء و شیب روابط رگرسیونی بین مقادیر رقومی (DN) و بازتابش دریافت گردید و میزان بازتابش در سنجنده MODIS که در الگوریتم تعیین سطح پوشش برف کاربرد دارد مطابق رابطه ۳ می باشد.

(۳)

$ReflectanceBand_i = ReflectanceScales(DNReflectanceOffsets)$   
 که در آن:  $ReflectanceBand_i = \text{بازتابش باند } i$  ام،  $ReflectanceScales = \text{شیب}$  و  $ReflectanceOffsets = \text{عرض از مبداء}$  می باشد.

### مقایسه مساحت سطوح برفی تصاویر سنجنده های AVHRR و MODIS

به منظور مقایسه و بررسی موقعیت و توزیع مکانی واحدهای برف قابل تشخیص در هر یک از تصاویر ماهواره ای، ابتدا واحدهای برفی کدگذاری و نقشه پلی گون های برف به صورت کدگذاری شده تهیه شد. پس از تهیه نقشه برف از تصاویر دو ماهواره، این نقشه ها با یک سیستم مختصات و زمین مرجع واحد به نقشه رستری تبدیل گردید. سپس نقشه رستری در محیط ILWIS بر روی همدیگر قرار گرفته و هم پوشانی آنها استخراج شد. دو معیار برای مقایسه میدان های برفی ماهواره NOAA و سنجنده MODIS استفاده شد.

**الف - تحلیل رگرسیونی مساحت میدان های برفی دو سنجنده**  
 تحلیل رگرسیونی بین مساحت میدان های برفی ماهواره NOAA نسبت به سنجنده MODIS انجام می شود و با هدف بیان دقت برآورد سطوح برفی استخراج می گردد. به عبارت دیگر این شاخص مبین تغییرات میدان های برفی NOAA نسبت به تغییرات میدان های برفی MODIS می باشد.

### ب - تحلیل رگرسیونی درصد خطای هم پوشانی میدان های برفی دو ماهواره

این معیار روند تغییرات و میزان خطای هم پوشانی دو ماهواره را نشان می دهد. درصد خطای هم پوشانی از رابطه ۴ محاسبه شد(۱۴).

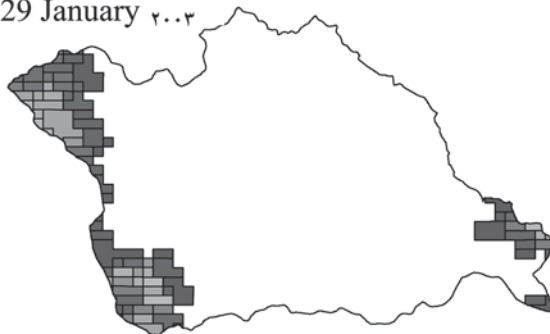
$$Z_i = \left( 1 - \frac{A_{O_i}}{A_i} \right) \times 100 \quad (۴)$$

$Z_i = 0.51 \text{AMODIS} + 96.79$	$R^2 = 0.13^{**}$	(۵)
$Z_i = 4.93 \text{AMODIS} + 71.92$	$R^2 = 0.93^{**}$	(۶)
$Z_i = 0.23 \text{AMODIS} + 98.40$	$R^2 = 0.49^{**}$	(۷)
$Z_i = 2.17 \text{AMODIS} + 39.90$	$R^2 = 0.186^{**}$	(۸)
$Z_i = 0.83 \text{AMODIS}$	$R^2 = 0.07^*$	(۹)
$Z_i = 28.75 \text{AMODIS} + 50.05$	$R^2 = 0.24^{**}$	(۱۰)
$Z_i = 0.808 \text{AMODIS} - 0.28$	$R^2 = 0.02$	(۱۱)
$Z_i = 7.07 \text{AMODIS} + 23.23$	$R^2 = 0.03$	(۱۲)
$Z_i = 93.80 \text{AMODIS} + 0.255$	$R^2 = 0.113^{**}$	(۱۳)
$Z_i = 35.36 \text{AMODIS} + 46.07$	$R^2 = 0.59^{**}$	(۱۴)
$Z_i = 17.36 \text{AMODIS} + 8.36$	$R^2 = 0.06$	(۱۵)
$Z_i = 39.99 \text{AMODIS} + 27.06$	$R^2 = 0.26^{**}$	(۱۶)
$Z_i = 50.95 \text{AMODIS} + 33.31$	$R^2 = 0.26^{**}$	(۱۷)
$Z_i = 53.19 \text{AMODIS} + 30.75$	$R^2 = 0.14^{**}$	(۱۸)
$\text{ANOAA} = -1.654 \text{AMODIS} + 77.77$	$R^2 = 0.49^{**}$	(۱۹)
$\text{ANOAA} = -1.654 \text{AMODIS} + 77.77$	$R^2 = 0.10$	(۲۰)
$\text{ANOAA} = 0.02 \text{AMODIS} + 1.86$	$R^2 = 0.01$	(۲۱)
$\text{ANOAA} = -8.424 \text{AMODIS} + 30.639$	$R^2 = 0.89^{**}$	(۲۲)
$\text{ANOAA} = 0.22 \text{AMODIS}$	$R^2 = 0.005$	(۲۳)
$\text{ANOAA} = 0.95 \text{AMODIS} + 2.01$	$R^2 = 0.05^*$	(۲۴)
$\text{ANOAA} = 28.06 \text{AMODIS} + 212.17$	$R^2 = 0.05^*$	(۲۵)
$\text{ANOAA} = 86.20 \text{AMODIS} + 211.35$	$R^2 = 0.16^{**}$	(۲۶)
$\text{ANOAA} = 0.25 \text{AMODIS} + 1.31$	$R^2 = 0.17^{**}$	(۲۷)
$\text{ANOAA} = \text{AMODIS} + 2.49$	$R^2 = 0.09^{**}$	(۲۸)
$\text{ANOAA} = 49.24 \text{AMODIS} + 145.84$	$R^2 = 0.04$	(۲۹)
$\text{ANOAA} = 4.02 \text{AMODIS} + 43.76$	$R^2 = 0.01$	(۳۰)
$\text{ANOAA} = 4.10 \text{AMODIS} + 51.04$	$R^2 = 0.00$	(۳۱)
$\text{ANOAA} = 9.87 \text{AMODIS} + 8.47$	$R^2 = 0.14^{**}$	(۳۲)

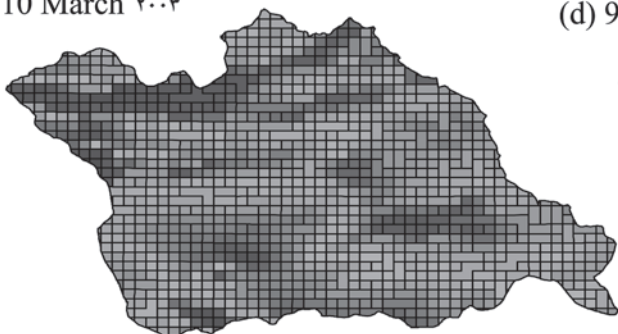
(a) 5 January ۲۰۰۳



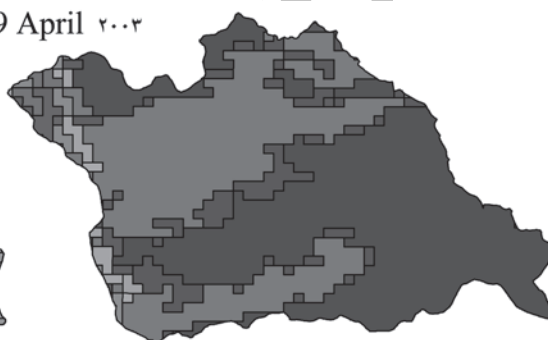
(b) 29 January ۲۰۰۳



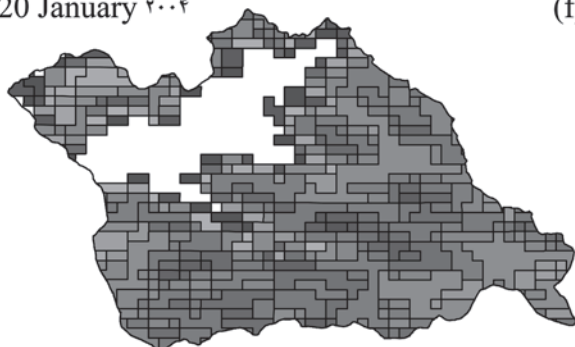
(c) 10 March ۲۰۰۳



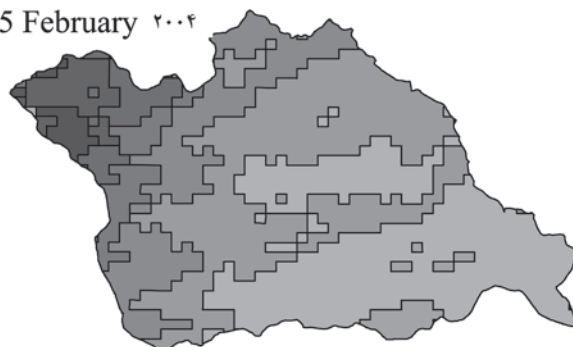
(d) 9 April ۲۰۰۳



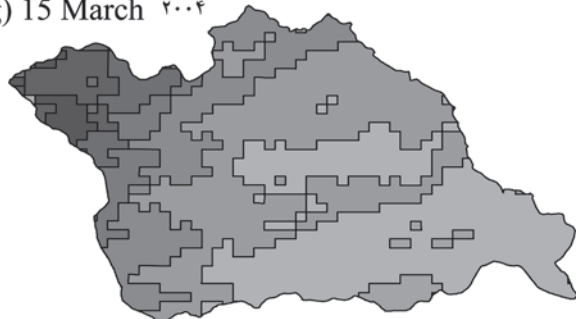
(e) 20 January ۲۰۰۴



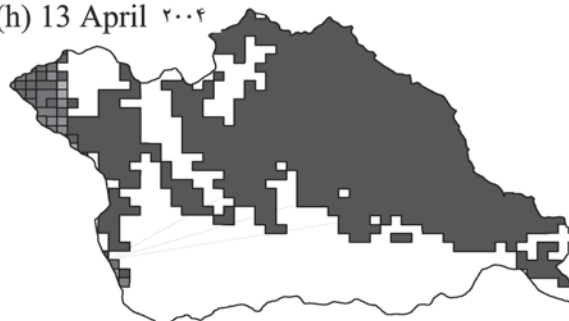
(f) 15 February ۲۰۰۴

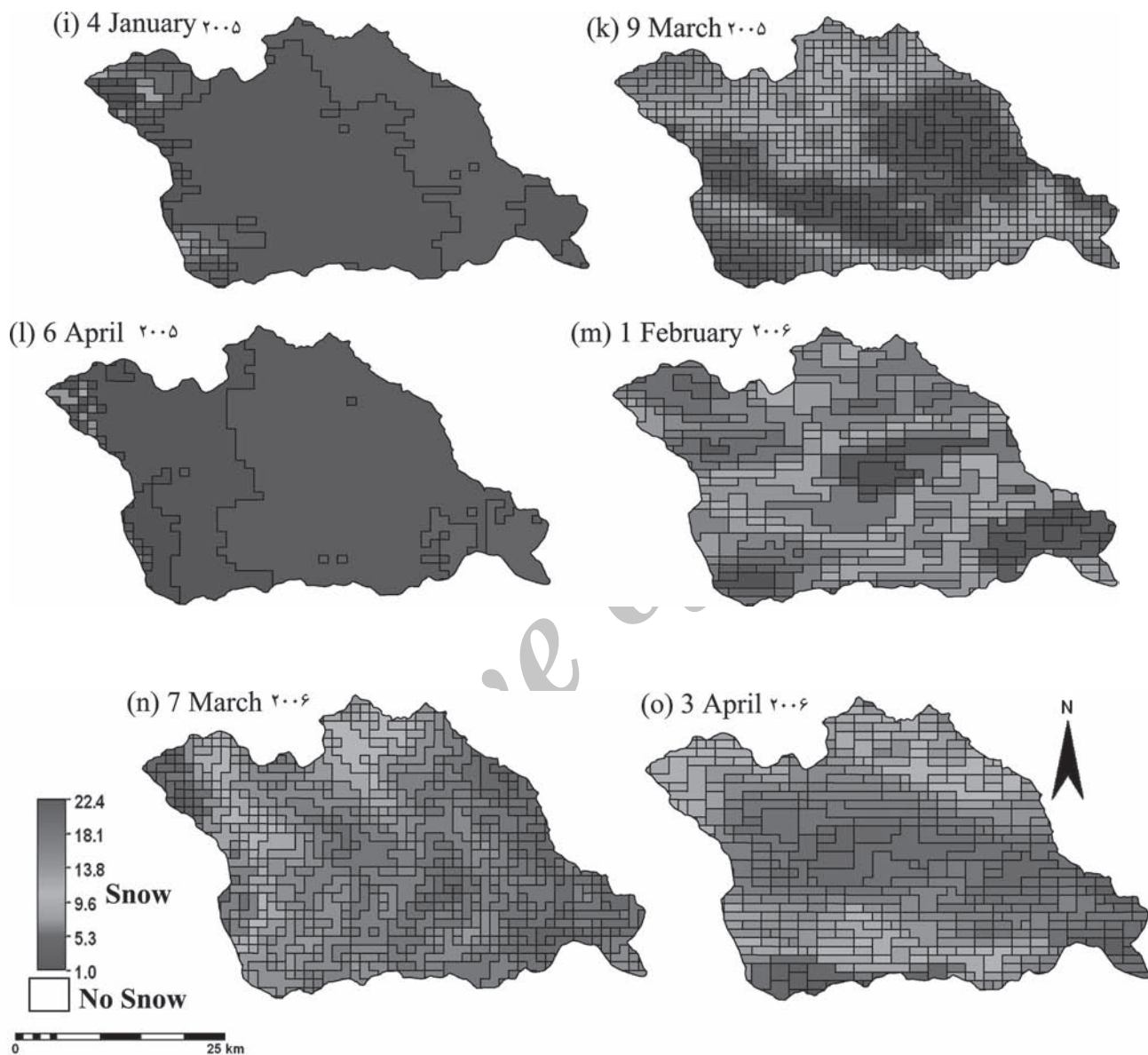


(g) 15 March ۲۰۰۴



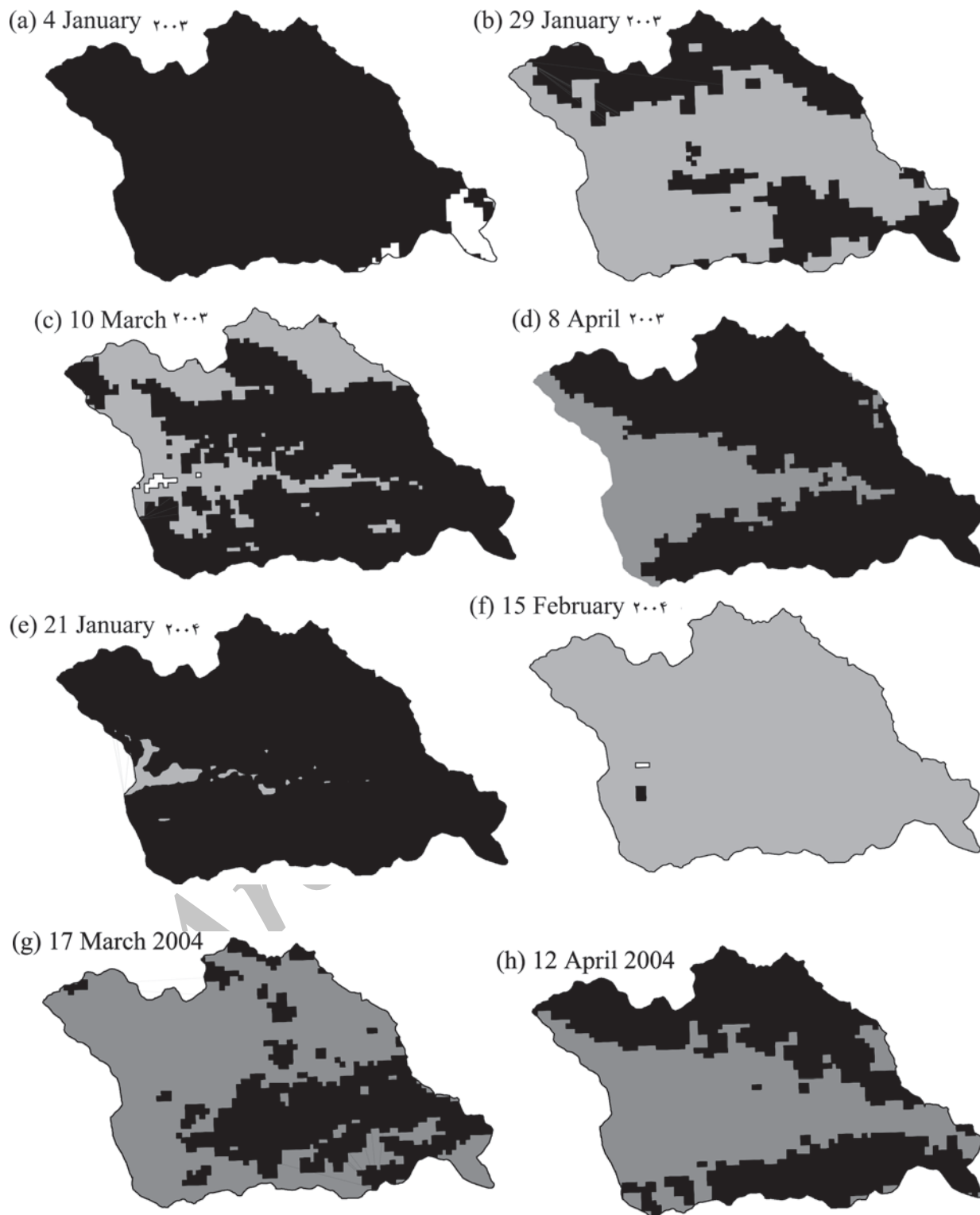
(h) 13 April ۲۰۰۴



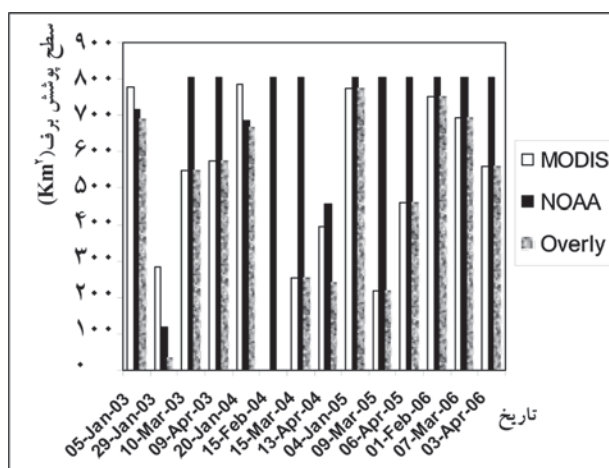


شکل ۲- سطح پوشش برف در تصاویر NOAA





شکل ۳- سطح پوشش برف در تصاویر MODIS



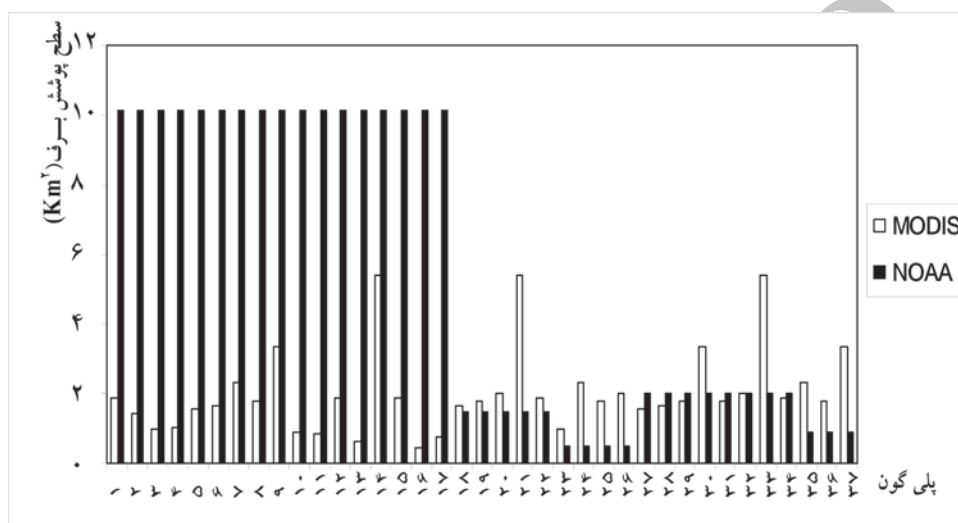
شکل ۴- مقایسه سطح پوشش برف در تصاویر NOAA و MODIS و هم پوشانی دو ماهواره (Overlay)

جدول ۱- مقایسه میدان های برفی MODIS و NOAA

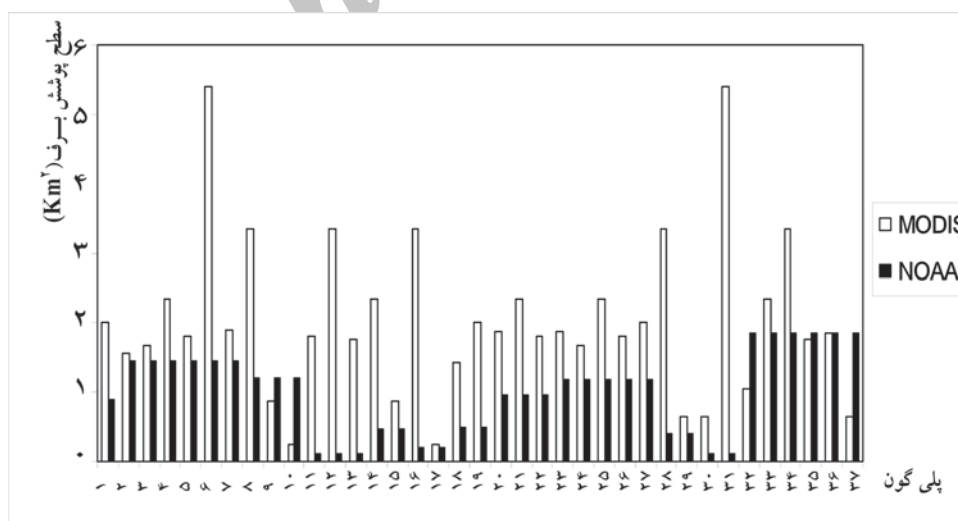
ردیف	تاریخ	مساحت (کیلومتر مربع)		اختلاف مساحت نسبت به MODIS (کیلومتر مربع)	اختلاف نسبت به MODIS (%)	مساحت هم پوشانی دو ماهواره (کیلومتر مربع)
		NOAA	MODIS			
۱	۲۰۰۳/۰۱/۰۵	۷۱۶/۲۸	۷۷۸/۴۶	-۶۲/۱۸	-۷/۹۸%	۶۹۰/۲۰
۲	۲۰۰۳/۰۱/۲۹	۱۱۸/۲۸	۲۸۲/۷۹	-۱۶۴/۵۱	-۵۸/۱۷%	۳۲/۷۹
۳	۲۰۰۳/۰۳/۱۰	۸۰۴/۵۵	۵۴۶/۵۷	۲۵۷/۹۸	۴۷/۲۰%	۵۴۶/۵۷
۴	۲۰۰۳/۰۴/۰۹	۸۰۴/۵۵	۵۷۲/۹۲	۲۳۱/۶۳	۴۰/۴۳%	۵۷۲/۹۲
۵	۲۰۰۴/۰۱/۲۰	۶۸۵/۲۰	۷۸۴/۶۰	-۹۹/۴	-۱۲/۶۷%	۶۶۵/۱۱
۶	۲۰۰۴/۰۲/۱۵	۸۰۴/۵۵	۱/۵۰	۸۰۳/۰۵	۵۳۵۳۶/۶۷%	۱/۵۰
۷	۲۰۰۴/۰۳/۱۵	۸۰۴/۵۵	۲۵۴/۰۵	۵۵۰/۵	۲۱۶/۶۹%	۲۵۴/۰۵
۸	۲۰۰۴/۰۴/۱۳	۴۵۴/۰۶	۳۹۴/۳۰	۵۹/۷۶	۱۶/۱۵%	۲۴۲/۰۵
۹	۲۰۰۵/۰۱/۰۴	۸۰۴/۵۵	۷۷۴/۵۳	۳۰/۰۲	۳/۸۷%	۷۷۴/۵۳
۱۰	۲۰۰۵/۰۳/۰۹	۸۰۴/۵۵	۲۱۸/۹۷	۵۸۵/۵۸	۲۶۷/۴۲%	۲۱۸/۹۷
۱۱	۲۰۰۵/۰۴/۰۶	۸۰۴/۵۵	۴۶۱/۳۷	۳۴۳/۱۸	۷۴/۳۸%	۴۶۱/۳۷
۱۲	۲۰۰۶/۰۲/۰۱	۸۰۴/۵۵	۷۵۰/۴۷	۵۴/۰۸	۷/۲۱%	۷۵۰/۴۷
۱۳	۲۰۰۶/۰۳/۰۷	۸۰۴/۵۵	۶۹۲/۸۶	۱۱۱/۶۹	۱۶/۱۲%	۶۹۲/۸۶
۱۴	۲۰۰۶/۰۴/۰۳	۸۰۴/۵۵	۵۶۰/۹۸	۲۴۳/۵۷	۴۳/۴۲%	۵۶۰/۹۸
-			متوسط	۲۵۶/۹۴	۳۸۸۲/۰۳%	-
-			حداقل	۶۲/۱۸	۳/۸۷%	-
-			حداکثر	۸۰۳/۰۵	۵۳۵۳۶/۶۷%	-

ماهواره NOAA را نسبت به سنجنده MODIS توسط الگوریتم اجراء شده نشان می دهد. دومین شاخصی که مورد بررسی قرار گرفت متغیر  $Z_i$  می باشد، این متغیر نسبت به مساحت برف MODIS دارای رابطه غیرخطی بوده و با افزایش سطح برف میدان های برفی، نسبت هم پوشانی نیز افزایش و در پی آن خطای برآورد کاهش می یابد. نسبت  $Z_i$  به مساحت سطح برف MODIS، خطای برآورد NOAA را نشان می دهد. نتایج نشان می دهد که در سطوح کوچکتر درصد خطا بیشتر می باشد.

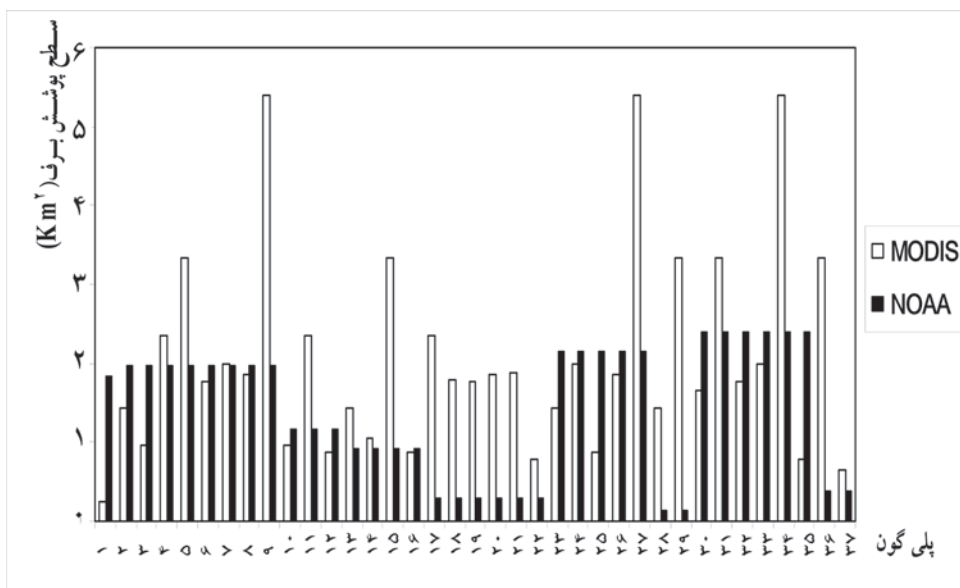
در این روابط:  $Z_i$  = درصد خطای هم پوشانی در میدان برفی  $i$ ،  $A_{MODIS}$  = مساحت میدان برفی  $i$  ام در ماهواره MODIS،  $A_{NOAA}$  = مساحت میدان برفی  $i$  ام در ماهواره NOAA و  $**$  و  $*$  به ترتیب معنی داری در سطح اطمینان یک و پنج درصد را نشان می دهد. با توجه به روابط ارائه شده، با بزرگ شدن توده های برفی خطای نسبی ناشی از تشخیص مرز کمتر می شود، بنابراین در فصل ریزش ضریب همبستگی بالاتر از فصل ذوب خواهد بود. معنی دار بودن این روابط دقت نسبی استخراج مساحت سطوح تحت پوشش برف تصاویر



شکل ۵- مقایسه سی و هفت پلی گون اول هم مکان برف مربوط به تاریخ ۲۰۰۳/۱/۲۹



شکل ۶- مقایسه سی و هفت پلی گون دوم هم مکان برف مربوط به تاریخ ۲۰۰۳/۱/۲۹



شکل ۷- مقایسه سی و هفت پلی گون سوم هم مکان برف مربوط به تاریخ ۲۰۰۳/۱/۲۹

جدول ۲- مقایسه پلی گون های هم مکان برف مربوط به تاریخ ۲۰۰۳/۱/۲۹

درصد اختلاف هم پوشانی (Zi)	مساحت هم پوشانی مکانی (km <sup>۲</sup> )	مساحت NOAA (km <sup>۲</sup> )	مساحت MODIS (km <sup>۲</sup> )	درصد اختلاف هم پوشانی (Zi)	مساحت هم پوشانی مکانی (km <sup>۲</sup> )	مساحت NOAA (km <sup>۲</sup> )	مساحت MODIS (km <sup>۲</sup> )
۷۱/۹۷	۰/۵۲	۱/۱۷	۱/۸۷	۴۰/۲۹	۱/۱۲	۱۰/۱۴	۱/۸۷
۹۷/۶۸	۰/۰۴	۱/۱۷	۱/۶۷	۹۸/۹۹	۰/۰۱	۱۰/۱۴	۱/۴۳
۹۶/۵۸	۰/۰۸	۱/۱۷	۲/۳۴	۷۷/۰۱	۰/۲۲	۱۰/۱۴	۰/۹۶
۸۱/۰۱	۰/۳۴	۱/۱۷	۱/۸۰	۵۸/۱۸	۰/۴۴	۱۰/۱۴	۱/۰۵
۹۰/۶۱	۰/۱۹	۱/۱۷	۲/۰۰	۹۵/۷۹	۰/۰۷	۱۰/۱۴	۱/۵۶
۸۹/۱۰	۰/۳۶	۰/۴۰	۳/۳۵	۷۵/۲۰	۰/۴۱	۱۰/۱۴	۱/۶۷
۹۴/۶۶	۰/۰۳	۰/۴۰	۰/۶۴	۷۶/۹۶	۰/۵۴	۱۰/۱۴	۲/۳۴
۸۸/۲۰	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۶۴	۷۲/۴۹	۰/۴۹	۱۰/۱۴	۱/۸۰
۹۹/۲۲	۰/۰۴	۰/۱۲	۵/۴۰	۸۶/۷۶	۰/۴۴	۱۰/۱۴	۳/۳۵
۸۷/۵۲	۰/۱۳	۱/۸۴	۱/۰۵	۸۵/۵۴	۰/۱۳	۱۰/۱۴	۰/۸۷
۹۳/۵۴	۰/۱۵	۱/۸۴	۲/۳۴	۸۵/۵۷	۰/۱۳	۱۰/۱۴	۰/۸۷
۹۳/۱۴	۰/۲۳	۱/۸۴	۳/۳۵	۸۰/۵۱	۰/۳۶	۱۰/۱۴	۱/۸۶
۷۴/۹۲	۰/۴۴	۱/۸۴	۱/۷۷	۷۱/۳۵	۰/۱۸	۱۰/۱۴	۰/۶۴
۷۳/۰۲	۰/۵۰	۱/۸۴	۱/۸۶	۴۱/۰۶	۳/۱۸	۱۰/۱۴	۵/۴۰
۷۰/۹۳	۰/۱۹	۱/۸۴	۰/۶۴	۲۰/۶۵	۱/۵۰	۱۰/۱۴	۱/۸۹
۲۰/۸۶	۰/۲۰	۱/۸۴	۰/۲۵	۰/۰۰	۰/۴۴	۱۰/۱۴	۰/۴۴

درصد اختلاف هم پوشانی (Zi)	مساحت هم پوشانی مکانی (km <sup>2</sup> )	مساحت NOAA (km <sup>2</sup> )	مساحت MODIS (km <sup>2</sup> )	درصد اختلاف هم پوشانی (Zi)	مساحت هم پوشانی مکانی (km <sup>2</sup> )	مساحت NOAA (km <sup>2</sup> )	مساحت MODIS (km <sup>2</sup> )
۶۴/۸۰	۰/۵۰	۱/۹۷	۱/۴۳	۳۸/۶۸	۰/۴۸	۱۰/۱۴	۰/۷۸
۹۸/۵۰	۰/۰۱	۱/۹۷	۰/۹۶	۹۹/۱۹	۰/۰۱	۱/۴۶	۱/۶۷
۹۷/۶۲	۰/۰۶	۱/۹۷	۲/۳۴	۷۷/۳۵	۰/۴۱	۱/۴۶	۱/۸۰
۹۹/۳۹	۰/۰۲	۱/۹۷	۳/۳۵	۹۵/۳۳	۰/۰۹	۱/۴۶	۲/۰۰
۸۲/۴۵	۰/۳۱	۱/۹۷	۱/۷۷	۸۷/۲۹	۰/۶۹	۱/۴۶	۵/۴۰
۷۰/۳۵	۰/۶۰	۱/۹۷	۲/۰۰	۸۶/۳۶	۰/۲۶	۱/۴۶	۱/۸۹
۹۱/۸۸	۰/۱۵	۱/۹۷	۱/۸۶	۶۳/۳۶	۰/۳۵	۰/۴۹	۰/۹۶
۹۴/۱۶	۰/۳۲	۱/۹۷	۵/۴۰	۹۴/۶۲	۰/۱۳	۰/۴۹	۲/۳۴
۶۱/۱۲	۰/۳۷	۱/۱۵	۰/۹۶	۹۹/۴۴	۰/۰۱	۰/۴۹	۱/۷۷
۸۰/۹۶	۰/۴۵	۱/۱۵	۲/۳۴	۹۹/۸۲	۰/۰۰	۰/۴۹	۲/۰۰
۶۱/۶۷	۰/۳۳	۱/۱۵	۰/۸۷	۳۷/۸۸	۰/۹۷	۱/۹۹	۱/۵۶
۷۹/۹۷	۰/۲۹	۰/۹۱	۱/۴۳	۹۰/۷۶	۰/۱۵	۱/۹۹	۱/۶۷
۵۴/۳۰	۰/۴۸	۰/۹۱	۱/۰۵	۹۹/۰۰	۰/۰۲	۱/۹۹	۱/۸۰
۹۷/۰۷	۰/۱۰	۰/۹۱	۳/۳۵	۸۸/۸۶	۰/۳۷	۱/۹۹	۳/۳۵
۹۴/۸۱	۰/۰۵	۰/۹۱	۰/۸۷	۹۴/۳۰	۰/۱۰	۱/۹۹	۱/۷۷
۹۹/۱۲	۰/۰۲	۰/۲۹	۲/۳۴	۸۶/۸۸	۰/۲۶	۱/۹۹	۲/۰۰
۹۸/۵۰	۰/۰۳	۰/۲۹	۱/۸۰	۹۹/۵۸	۰/۰۲	۱/۹۹	۵/۴۰
۹۱/۹۶	۰/۱۴	۰/۲۹	۱/۷۷	۹۵/۱۴	۰/۰۹	۱/۹۹	۱/۸۹
۹۵/۱۲	۰/۰۹	۰/۲۹	۱/۸۶	۹۱/۸۸	۰/۱۹	۰/۸۹	۲/۳۴
۹۹/۹۵	۰/۰۰	۰/۲۹	۱/۸۹	۹۴/۵۹	۰/۱۰	۰/۸۹	۱/۸۰
۹۸/۳۸	۰/۰۱	۰/۲۹	۰/۷۸	۸۷/۰۶	۰/۴۳	۰/۸۹	۳/۳۵
۸۸/۷۳	۰/۱۶	۲/۱۵	۱/۴۳	۹۱/۲۸	۰/۱۷	۰/۸۹	۲/۰۰
۹۶/۶۷	۰/۰۷	۲/۱۵	۲/۰۰	۶۶/۳۴	۰/۵۲	۱/۴۵	۱/۵۶
۷۶/۳۴	۰/۲۱	۲/۱۵	۰/۸۷	۵۷/۹۱	۰/۷۰	۱/۴۵	۱/۶۷
۵۹/۴۸	۰/۷۵	۲/۱۵	۱/۸۶	۹۷/۲۳	۰/۰۶	۱/۴۵	۲/۳۴
۹۹/۹۵	۰/۰۰	۰/۲۹	۱/۸۹	۹۴/۵۹	۰/۱۰	۰/۸۹	۱/۸۰
۹۸/۳۸	۰/۰۱	۰/۲۹	۰/۷۸	۸۷/۰۶	۰/۴۳	۰/۸۹	۳/۳۵
۸۸/۷۳	۰/۱۶	۲/۱۵	۱/۴۳	۹۱/۲۸	۰/۱۷	۰/۸۹	۲/۰۰
۹۶/۶۷	۰/۰۷	۲/۱۵	۲/۰۰	۶۳/۳۴	۰/۵۲	۱/۴۵	۱/۵۶
۷۶/۳۴	۰/۲۱	۲/۱۵	۰/۸۷	۵۷/۹۱	۰/۷۰	۱/۴۵	۱/۶۷
۵۹/۴۸	۰/۷۵	۲/۱۵	۱/۸۶	۹۷/۲۳	۰/۰۶	۱/۴۵	۲/۳۴
۸۲/۳۴	۰/۹۶	۲/۱۵	۵/۴۰	۹۶/۸۴	۰/۰۶	۱/۴۵	۱/۸۰
۹۰/۸۱	۰/۱۳	۰/۱۴	۱/۴۳	۹۸/۸۸	۰/۰۶	۱/۴۵	۵/۴۰
۹۹/۶۰	۰/۰۱	۰/۱۴	۳/۳۵	۹۷/۹۰	۰/۰۴	۱/۴۵	۱/۸۹
۷۹/۲۵	۰/۳۵	۲/۳۹	۱/۶۷	۸۶/۰۹	۰/۴۷	۱/۲۱	۳/۳۵
۸۶/۰۶	۰/۴۷	۲/۳۹	۳/۳۵	۱۹/۶۳	۰/۷۰	۱/۲۱	۰/۸۷
۶۰/۸۳	۰/۶۹	۲/۳۹	۱/۷۷	۸۰/۹۴	۰/۰۵	۱/۲۱	۰/۲۵
۷۶/۹۹	۰/۴۶	۲/۳۹	۲/۰۰	۹۸/۵۵	۰/۰۳	۰/۱۱	۱/۸۰
۹۷/۵۷	۰/۱۳	۲/۳۹	۵/۴۰	۹۹/۴۳	۰/۰۲	۰/۱۱	۳/۳۵
۶۲/۹۳	۰/۲۹	۲/۳۹	۰/۷۸	۹۶/۰۸	۰/۰۷	۰/۱۱	۱/۷۷
۹۳/۱۶	۰/۲۳	۰/۳۹	۳/۳۵	۸۸/۸۵	۰/۲۶	۰/۴۷	۲/۳۴
۷۴/۸۶	۰/۱۶	۰/۳۹	۰/۶۴	۷۶/۵۵	۰/۲۰	۰/۴۷	۰/۸۷
۸۷/۷۴	۰/۲۳	۰/۹۷	۱/۸۷	۹۴/۳۵	۰/۱۹	۰/۱۹	۳/۳۵
۸۲/۶۵	۰/۴۱	۰/۹۷	۲/۳۴	۹۸/۲۰	۰/۰۰	۰/۱۹	۰/۲۵
۸۱/۶۶	۰/۳۳	۰/۹۷	۱/۸۰	۷۶/۷۰	۰/۳۳	۰/۴۹	۱/۴۳
				۹۲/۱۸	۰/۱۶	۰/۴۹	۲/۰۰

- 4- Indian Remote Sensing Satellite
- 5- Resampling
- 6- Nearest Neighbour
- 7- Cross

### منابع مورد استفاده

- ۱- پرهمت، ج. و ثقفیان، ب.، (۱۳۸۳) ارزیابی دقت اطلاعات ماهواره ای در تعیین سطح پوشیده از برف، CD مجموعه مقالات اولین کنفرانس سالانه منابع آب ایران، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران، دانشکده فنی دانشگاه تهران.
- ۲- رایگانی، ب.، سلطانی کوپایی، س.، خواجه الدین، س.ج. و براتی، س.، (۱۳۸۷) استفاده از تصویرهای ماهواره ای MODIS و شاخص NDSI به منظور تهیه نقشه های پوشش برفی، منابع طبیعی ایران، ۶۱(۳): ۵۲۵-۵۳۶.
- ۳- رسولی، ع. و ادهمی، س.، (۱۳۸۶) محاسبه آب معادل از پوشش برفی با پردازش تصاویر سنجنده MODIS مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۰، پاییز و زمستان ۱۳۸۶.
- ۴- علی محمدی، ع. و جلوخانی نیارکی، م.، (۱۳۸۳) ارزیابی الگوریتم های مبتنی بر ترکیب باندهای انعکاسی و حرارتی سنجنده NOAA/AVHRR برای تهیه نقشه پوشش برف در حوضه آبریز سد کرج، مدرس علوم انسانی، ۸ (۱) (پیاپی ۳۲): ۱۱۷-۱۳۲.
- ۵- قنبرپور، م.ر.، محسنی ساروی، م.، ثقفیان، ب.، احمدی، ح. و عباس پور، ک.، (۱۳۸۴) تعیین مناطق موثر در انباشت و ماندگاری سطح پوشش برف و سهم ذوب برف در رواناب، منابع طبیعی ایران، ۵۸(۳): ۵۰۳-۵۱۵.
- ۶- گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، (۱۳۷۲) مطالعات آبخیزداری حوزه آبخیز طالقان، سازمان آب منطقه ای استان تهران.
- ۷- محمدی فارسانی، ش.، (۱۳۷۷) بررسی و پیش بینی آبدوی رودخانه زاینده رود در دوران ذوب برف، پایان نامه کارشناسی ارشد گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه شیراز، ۱۴۹ص.
- ۸- مشایخی، ت.، (۱۳۶۹) استفاده از هیدرولوژی برف در بررسی های منابع آب، دفتر بررسی های منابع آب، بخش آب های سطحی.
- ۹- نجف زاده، ر.، ابریشمی، ا.، تجربی، م.، طاهری، ح.، (۱۳۸۳) شبیه سازی جریان رودخانه با مدل ذوب برف مجله آب و فاضلاب.
- 10- Cline, D.W., (1997) Snow surface energy exchanges and snowmelt at a continental, midlatitude alpine site. *Water Resource Research*, 33: 689-701.
- 11- Emre Tekeli, E., Akyurek, Z., Arda Sorman, A., Sensoyc, A., and Unal Sorman, A., (2005) Using MODIS Snow Cover Maps in Modeling Snowmelt Runoff Process in the Eastern Part of Turkey, *Remote Sensing of Environment*, 97 (2005) 216 – 230.
- 12- Hall, D. K., Riggs, G. A., and Salomonson, V. V., (2001) *Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) for the MODIS Snow and Sea Ice Mapping Algorithms*, Available at: [http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd\\_mod10.pdf](http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod10.pdf)
- 13- Gupta, R.P., Haritashya, U.K., and Singh, P., (2005) Mapping Dry/Wet Snow Cover in Indian Himalayas using IRS Multispectral

### بحث و نتیجه گیری

#### مقایسه سطح پوشش برف در تصاویر NOAA و MODIS

در این تحقیق هدف مقایسه میدان های برفی تصاویر ماهواره NOAA و سنجنده MODIS بود که بر این اساس نتایج زیر به دست آمد:

- ۱- هرچه قدرت تفکیک مکانی اطلاعات ماهواره بیشتر باشد، سطح زیر پوشش برف نسبتاً با دقت بیشتری تعیین می شود.
- ۲- سطح زیر پوشش برای این که در هر تصویر ماهواره ی مشخص شود باید برای هر قدرت تفکیک مکانی به حد آستانه ای برسد.
- ۳- دیده شدن میدان های برفی در تصاویر با قدرت تفکیک معین، به عرض بیشینه میدان برفی بستگی دارد، از این رو عرض میدان های برفی به عنوان عامل دیگری علاوه بر مساحت، برای قابل تشخیص بودن میدان برفی برای هر قدرت تفکیک نیز حد آستانه ای دارد.
- ۴- تصاویر ماهواره NOAA در بیشتر موارد که حد آستانه ای آن فراهم بوده، سطوح برف را بیشتر از سنجنده MODIS برآورد کرده است. خطای برآورد مساحت پوشش برفی در تصاویر ماهواره NOAA نسبت به سنجنده MODIS به طور متوسط ۵۷/۹۷ درصد و در دامنه بین ۳/۸۷ درصد تا ۲۶۷/۴۲ درصد است. این مسئله ممکن است به دلیل قدرت تفکیک مکانی پایین در تصاویر NOAA باشد که در محل مرز خط برف این خطا را ایجاد می کند.
- در مقایسه با نتایج سایر محققین نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات Rango و همکاران (۱۹)، پرهمت و ثقفیان (۱) و رایگانی و همکاران (۲) همخوانی دارد.
- در انتها موارد زیر پیشنهاد می گردد:
- ۱- در شرایط پایان فصل ذوب برف که میدان های برفی به صورت لکه های برفی کوچک (پوشش های ناپیوسته و پراکنده برف) می باشند استفاده از تصاویر ماهواره ی با قدرت تفکیک پایین مثل NOAA دارای خطای زیادی می باشد و لذا پیشنهاد می شود در این شرایط برای استخراج ابعاد میدان های برفی از تصاویر با قدرت تفکیک بالا استفاده شود. در شرایط پوشش برفی اوایل تا اواسط فصل ذوب برف با وجود برف انباشته های پیوسته تصاویر ماهواره NOAA ابزار مناسبی برای برآورد وسعت پوشش برفی می باشد.
- ۲- پیشنهاد می شود این تحقیق به خاطر لحاظ نمودن شرایط مختلف منطقه ای و جغرافیایی در مناطق دیگری تکرار و نتایج مورد آزمون قرار گیرد.
- ۳- از تصاویر ماهواره ی با قدرت تفکیک مکانی متفاوت به منظور مقایسه با همدیگر و تحقیق حاضر استفاده شود.
- ۴- از تکنیک های مانند منطق فازی و شبکه عصبی مصنوعی به منظور استخراج سطح تحت پوشش برف در مقیاس زیر پیکسل تاثیر اندازه پیکسل مورد آزمون قرار گیرد.

### پاورقی ها

- 1- NOAA
- 2- Goas
- 3- Snow Runoff model

Meteorological and Remote Sensing Data for Snowmelt Runoff Forecasting, *Remote Sensing of Environment*, xx(2007):xxx-xxx.

18- Ramamoorthi, A.S., (1987) *Snow Cover Area (SCA) is the Main Factor in Forecasting Snowmelt Runoff from Major River Basins*, Proceedings of the Vancouver Symposium, IAHS Publ., 166:187-197.

19- Rango, A., Salomonson, V.V., and Foster, J.L., (1977) Seasonal Stream Flow Estimation in the Himalayan Region Employing Meteorological Satellite Snow Cover Observations, *Water Resources Research*, 13: 109-112.

20- Simpson, J.J., Stite, J.R. and M. Sienko, (1998) Improve Estimates of the Areal Extent of Snow Cover from AVHRR, *Journal of Hydrology*, 204(1-4):1-23.

Imagery, *Remote Sensing of Environment*, 97:458-469.

14- Jain, S. K., Goswami, A., and Saraf, A. K., (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.

15- Klein, A. G., Hall, D. K., and Seidel, G. A., (1998a) *Algorithm Intercomparison for Accuracy Assessment of the MODIS Snow-mapping Algorithm*. 55th Annual Eastern Snow Conference. New Hampshire, June 2 – 3' Jackson.

16- Klein, A. G., Hall, D. K. and Riggs, G. A., (1998b) Improving Snow Cover Mapping in Forests through the use of a Canopy Reflectance Model. *Hydrological Processes*, 12:1723– 1744.

17- Nagler, T., Rott, H., and Malcher, P., (2007) Assimilation of

.....

Archive of SID