نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال پانزدهم، شماره ۳۹، زمستان ۹۴

تحلیل زمانی و مکانی پوشش برف در ایران بر پایه ویژگی‌های توپوگرافیکی

دریافت مقاله: ۹۴/۷/۱۹ پذیرش نهایی: ۹۴/۱۲/۱۳
صفحات:۱۳۷-۱۱۷

الهام قاسمی فر: دانشجوی دکتری آب‌وهواشناسی ماهواره‌ای دانشگاه تربیت مدرس تهران[۱]
Email:Elham.ghasemifar@modares.ac.ir
محمد رضایی: دانشجوی دکتری آب‌وهواشناسی ماهواره‌ای دانشگاه تربیت مدرس تهران
Email: mohammad.rezaey69@yahoo.com
فروزان عیسوند زیبایی:دانشجوی کارشناسی ارشد آب‌وهواشناسی ماهواره‌ای دانشگاه تربیت مدرس تهران
Email: f.zebaie@gmail.com

چکیده

هدف مطالعه حاضر بررسی توزیع زمانی و مکانی پوشش برف در ایران بر مبنای ویژگی‌های توپوگرافیکی است. ابتدا، بر اساس فراگیرترین پوشش برفی (سال ۲۰۰۸) ناحیه برف خیز ایران جدا و بر مبنای ارتفاع به ۵ ناحیه مجزای دیگر تفکیک گردید. سپس، توزیع مکانی پوشش برف بر اساس شیب و جهت آن (شیب‌های ۴۴,۹ -۰ و ۸۹,۸ -۴۴,۹ درجه) ، و توزیع زمانی آن با استفاده از آماره‌های میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات برای ماه‌های ژانویه و فوریه (۹ دوره‌ی هشت روزه برای هر سال) طی دوره ۲۰۱۵-۲۰۰۱ با استفاده از داده های ۵۰۰متری برف سنجنده مودیس با نام اختصاری MOD10A2 بررسی گردید. نتایج نشان داد میانگین پوشش برف در شیب‌های ۸۹,۸ -۴۴,۹ بسیار بالاتر از شیب های ۴۴,۹ -۰ بوده و بالاترین و پایین ترین درصد پوشش برف بترتیب مربوط به جهات شمالی و مسطح بود. همچنین بین پوشش برف و ارتفاع ارتباط مستقیمی وجود داشت، به گونه ای که در نواحی مرتفع(ناحیه ۴ و ۵) پوشش برف به صد در صد می رسد. بالاترین رقم در میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات برف بترتیب در هشت روزه‌های پنجم (دوم تا نهم فوریه (۳۳))، دوم (نهم تا شانزدهم ژانویه(۹))وششم (دهم تا هفدهم فوریه (۴۱)) رخ داده است. انحراف معیار در هشت روزه های میانی (از ۹تا ۴۱) اوج داشت و سپس در هشت روزه‌های پایانی از آن کاسته می‌شد. بالاترین رقم ضریب تغییرات که آماره جالبی در نمایش تغییر پذیری برف بود در نواحی پست خزری مشاهده می‌شد و با افزایش ارتفاع از آن نیز کاسته می شد.

کلیدواژگان: پوشش برف، سنجنده مودیس، توزیع مکانی و زمانی، توپوگرافی، ایران

---

۱. نویسنده مسئول:تهران. پل نصر. دانشگاه تربیت مدرس. دانشکده علوم انسانی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.4.6]

مقدمه

پوشش برف یکی از مهمترین فاکتورهای اقلیمی موثر بر آلبدوی سطحی، موازنه انرژی، چرخه هیدرولوژی، توازن کربن و تنفس خاک می باشد (پوگیو و جیمونا[1]،۲۰۱۵ :۱۲۲). برف نقش بسیار مهمی در بیلان تابش بازی می‌کند و در هیدرولوژی به دلیل تاخیر بین زمان بارش تا تولید رواناب، رفتار متفاوتی دارد، مجددا آبهای زیرزمینی را تغذیه می کند و در دیگر فرایندهای هیدرولوژیکی مشارکت می کند. فواید هیدرولوژیکی برف عمدتا در عرض‌های متوسط، بالا و نواحی کوهستانی است. برف جزیی کلیدی از محیط، اقلیم و تعادل انرژی سطح زمین و منبع اصلی آب تازه در بسیاری از نواحی است(مونوز[2] و همکاران،۲۰۱۳: ۶۱۳). پوشش برف با ویژگی های ذاتی از قبیل آلبدوی بالا، زبری کم، و هدایت حرارتی پایین، تغییرپذیری قابل ملاحظه ای به لحاظ زمانی و مکانی دارد که این امر تا حد زیادی تعامل بین آب و انرژی را بین اتمسفر و سطح زمین کنترل می کند (شرستا[3] و همکارن، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۲: ۷۴۷ و۲۰۴). توزیع ناهمگون پوشش برف در مقیاس محلی تا منطقه‌ای ناشی از تغییرات متغیرهای هواشناختی (از قبیل بارش، دما، تابش و باد)، ویژگی های توپوگرافی (از قبیل ارتفاع شیب و جهت) و همچنین ویژگی‌های پوشش سطحی می‌باشد (تونگ[4]،۲۰۰۹: ۳۱۹).

مطالعات گوناگونی در زمینه رخداد برف صورت گرفته که می توان آنها را در ۳ دسته‌ی مطالعات شرایط به وجود آورنده ریزش برف در مقیاس سینوپتیک، استفاده از مدل های تخمین رواناب حاصل از ذوب برف و استفاده از محصولات ماهواره ها (به منظور تخمین مشخصات پوشش برف مانند مساحت ، پایش تغییرات آن در طول زمان و بررسی ویژگی های فضایی و زمانی آن) طبقه بندی نمود. در رابطه با ویژگی های فضایی و زمانی پوشش برف مطالعات اندکی صورت گرفته است. مطالعاتی نظیر بررسی درصد پوشش برف، مدت زمان پوشش برف، رابطه پوشش برف با شیب و ارتفاع منطقه و... برای مدلهای ذوب برف از فاکتورهای اساسی است.

وانگ و زی[5](۲۰۰۹) تغییرات زمانی- فضایی پوشش برف را در سینجیانگ[6] شمالی چین با استفاده از نقشه زمان پوشش یرف و شاخص پوشش برف بررسی کردند. فیاض[1] و

1. Poggio and Gimona
2. Munoz
3.Shrestha
4.Tong
5. Wang and Xie
6. Xinjiang

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.4.6]

همکاران(۲۰۱۳) در حوضه کارون، ویژگی فضایی زمانی پوشش برف را با محصولات مودیس بررسی کردند و نشان دادند بیشترین رخداد برف طی سالهای ۲۰۰۳ ، ۲۰۱۰ ،۲۰۱۱ ؛ ۲۰۰۶ ،۲۰۰۹ و در بقیه سالها به ترتیب مربوط به ماههای فوریه، دسامبر و ژانویه است، آزمون من کندال نیز هیچ روند قابل ملاحظه ای را نشان نداد. کراجی[۲] و همکاران(۲۰۱۴) به تخمین ارتفاع خط برف ناحیه‌ای با استفاده از تصاویر مودیس طی سالهای ۲۰۱۳-۲۰۰۰ پرداختند و نشان دادند دو آستانه حداکثر پوشش ابر و حدقل پیکسلهای برفی باید مورد توجه قرار گیرد و الگوی فضایی طبقه بندی نادرست، با پوشش جنگلی و مدت پتانسیلی خورتاب گیری در زمستان مرتبط است. شی[۳] و همکاران(۲۰۱۵) با استفاده از محصولات ماهواره مودیس MOD/MYD10A1، ویژگی های زمانی و فضایی پوشش برف طی دوره ده ساله در حوضه آبریز تیزینافو[۴] را تجزیه و تحلیل نمودند. نتایج ایشان نشان داد که شروع ذوب برف در مارس یا آگوست است، درصد پوشش برف با ارتفاع افزایش می یابد و هنگامیکه شیب متجاوز از ۱۰درجه باشد نقش چندانی در توزیع پوشش برف بازی نمی‌کند. مارچان[۵] و همکاران(۲۰۱۵) با استفاده از محصول MOD10A1، دینامیک پوشش برف را در نواحی خشک مدیترانه طی سالهای۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ بر اساس الگوریتم فیلترینگ زمانی-فضایی به منظور کاهش پوشش ابر مورد بررسی قراردادند و نشان دادند دینامیک پوشش برف با سیگنالهای درون سالانه قوی با ضرب تغییراتی که به ۷۷ درصد می‌رسد مشخص می‌شود، آنها نشانه‌ای از روند دراز مدت مشاهده نکردند و محصولات برف مودیس را برای این ناحیه قابل اعتماد دانستند. کوستادینو[۶] و همکاران(۲۰۱۵) با محصول MOD10A1 و با بررسی تغییرات پوشش برف طی ۱۵ سال در اکوتون جنگلی آبشارهای غربی ایالت ارگان نشان دادند که پوشش برف و تاریخ تخلیه، تغییرات سالانه زیاد و بدون هیچ روند خطی مشخصی را نشان می‌دهد که محتمل است این تغییرات با نوسانهای پیوند از دور مرتبط باشد.

علاوه بر این دست مطالعات، پژوهش هایی نیز درصدد بهبود وضوح فضایی برف در تصاویر ماهواره ای بوده اند از آن جمله: سیرگی[۷] و همکاران(۲۰۰۹) به نمایش زیر پیکسل های پوشش

1. Fayaz
2. KrajcˇI
3. She
4. Tizinafu
5. Marchane
6. Kostadinov
7. Sirguey

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.4.6]

فصلی برف با الگوریتم ترکیب تصاویر برای تولید نقشه های بارزسازی شده برف با وضوح ۲۵۰متری در ارتباط با نقشه های ۵۰۰ متری برف مودیس در آلپهای جنوبی زلاند نو پرداختند و نشان دادند که این تصاویر در بهبود تخمین مدلهای ذوب برف و مدیریت منابع آب مفید خواهد بود. در دو مطالعه دیگر نیز سیرگی و همکاران(۲۰۰۷ و۲۰۰۸) به نتایج مشابه تحقیقات اخیرخود دست یافتند. همچنین نوتارنیکولا[1] و همکاران(۲۰۱۳) با استفاده از الگوریتمی براساس باندهای ۲۵۰متری قرمز- مادون قرمز و شاخص تفاضل نرمال پوشش گیاهی مودیس برای نمایش با وضوح بالاتر نواحی پوشش برف در نواحی کوهستانی اروپای مرکزی پرداختند.

از مطالعات داخلی صورت گرفته نیز می توان به کارهای فتاحی و همکاران (۱۳۹۰)، فهیمی نژاد و همکاران (۱۳۹۱)، ارکیان و همکاران (۱۳۹۳) که به ترتیب در رابطه با اجرای مدلهای ذوب برف، تحلیل سینوپتیکی برف و تغییرات تعداد روز و عمق برف بوده اند، اشاره کرد. با توجه به اینکه به لحاظ تغییر پذیری فضایی(از نقطه نظر تغییرات با درجات شیب، جهات شیب و ارتفاع) و زمانی برف (در زمانی متناسب با محصول ماهواره مورد نظر) با استفاده از داده های سنجش از دور قابل دسترس (۲۰۱۵-۲۰۰۱) مطالعه ای انجام نشده است، هدف از مطالعه حاضر بررسی برف پوشش برفی ایران از این نقطه نظر می باشد.

داده ها و روش کار

مودیس[2](MODIS) (تشعشع و طیف سنج تصویربردار با قدرت تفکیک متوسط) سنجنده‌ای است که در دو ماهواره ترا[3] و آکوا[4] از طریق برنامه سیستم مشاهده کننده زمین[5] ناسا قرار داده شده است. این ماهواره‌ها که به ترتیب در فوریه ۲۰۰۰ و ژوئیه ۲۰۰۲ پرتاب شدند، تقریبا هر دو روز یکبار از کره زمین در ۳۶ باند طیفی از ۰/۴ تا ۱۴/۴ میکرومتر تصویر تهیه می کند. سنجنده مودیس با وضوح (250 m, 500 m, and 1 km at nadir) یک سنجنده whiskbroom همانند سنجنده های AVHRR وSeaWiFS است، که در این سنجنده ها اندازه پیکسل با زاویه اسکن افزایش می یابد. تصاویر مودیس با پهنای swath (اسکن) ۲۳۳۰ کیلومتر با زاویه

1. Notarnicola
2. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
3. Terra
4. Aqua
5. Earth Observing System (EOS)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.4.6]

دید سنجنده ° ۵۵ ± درجه و با قدرت تفکیک رادیومتریک ۱۲ بیت می باشد(هوت[1] و همکاران،۱۹۹۹: ۱۴)

الگوریتم نقشه‌ی برف[2] از تکنیک زمین معیاری با استفاده از شاخص تفاضل نرمال برف[3] استفاده می کند. مزیت NDSI (رابطه ۱) در آن است که برف و یخ در باند مرئی نسبت به مادون قرمز موج کوتاه انعکاس بالاتری دارند و بازتاب بیشتر ابرها در مادون قرمز موج کوتاه بالا باقی می ماند، در حالیکه بازتاب برف پایین است(هال[4] و همکاران،۲۰۰۱ :۳). بر اساس بازتاب بسیار زیاد برف در باندهای مرئی و جذب قوی در باندهای مادون قرمز موج کوتاه، الگوریتم SNOWMAP به تولید نقشه‌های پوشش برف کمک می‌کند. الگوریتم های برف بصورت کد (جدول۱) و با فرمت HDF[5] ذخیره و مورد استفاده واقع می‌شوند. محصول پوشش برف بصورت روزانه، هشت روزه و ماهانه در پایگاه ملی داده‌های برف و یخ (NSIDC)[6] قابل دسترس است. برای جداسازی برف از یخ در این تصاویر از شاخص تفاضل نرمال برف استفاده می شود که براساس معادله NDSI و باندهای ۴ (۴۵۴-۵۶۵) و ۶ (۱۶۵۲-۱۶۲۸ نانومتر) است که اگر پیکسلی دارای شاخص تفاضل نرمال برف بزرگتر از ۰,۴، بازتاب مادون قرمز نزدیک(باند۲) و بازتاب باند ۴ بترتیب بزرگتر از ۰,۱۱ و ۰,۱ باشد، آن پیکسلی برفی است(ریگز[7] و همکاران،۲۰۰۶ : ۷) :

$$NDSI= MOD4 – MOD6/MOD4+MOD6 \quad \text{رابطه (۱)}$$

جدول (۱)- کدهای الگوریتم برف مودیس

کد	۰	۱	۱۱	۲۵	۳۷	۳۹	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۲۵۴	۲۵۵
توصیف	داده گمشده	بدون تصمیم گیری	شب	بدون برف	دریاچه	اقیانوس	ابر	یخ دریاچه	برف	خطای سنجنده	fill

در پژوهش حاضر تصاویر ۸ روزه سنجنده مودیس ماهواره ترا با قدرت تفکیک فضایی ۵۰۰ متر و با نام اختصاری (MOD10A2) برای ماه‌های ژانویه و فوریه (ماههای دارای حداکثر پوشش برف در ایران) برای تایلهای [8] ,h22V5,h22V6,h23V5, h21V5 h23V6 از سایت

1. Huete
2. Snowmap
3. Normalized Difference Snow Index (NDSI)
4. Hall
5. Hierarchical Data Format
6. Distributed Archive Center at the National Snow and Ice Data Center (NSIDC)
7. Riggs
8. Tile

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.4.6]

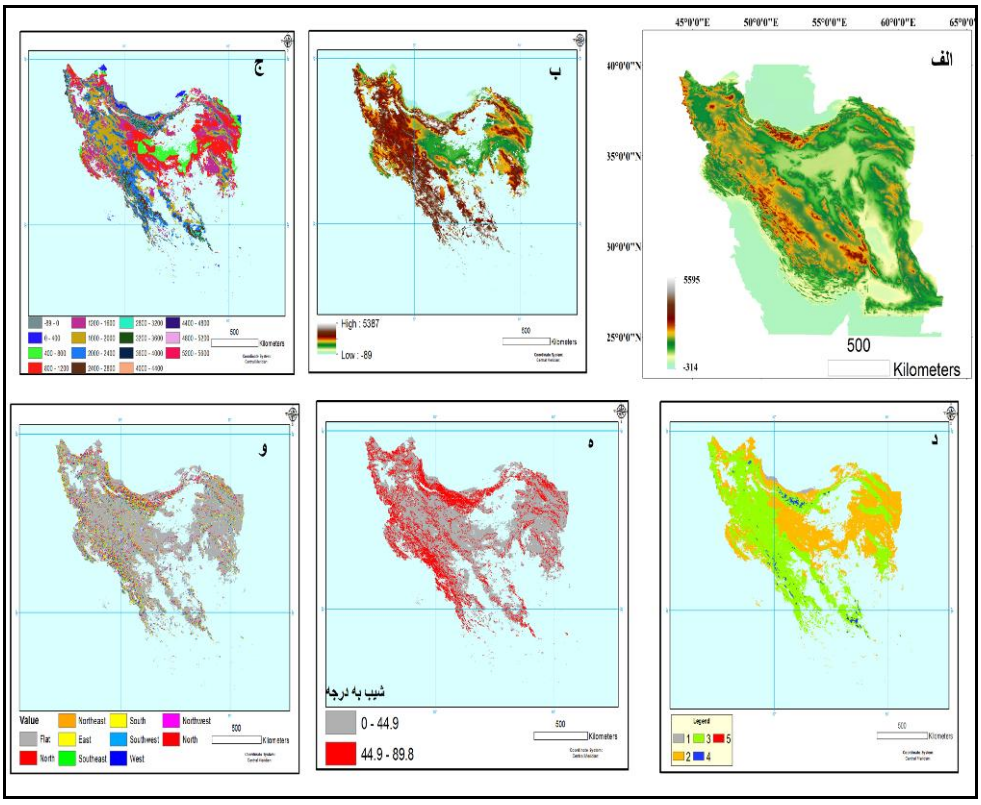
پایگاه ملی برف و یخ [1] بدست آمد. با توجه به تاریخ های ۸ روزه، با نام های ۳۶۱ (۲۶ دسامبر سال قبل تا اول یا دوم((با توجه به ۳۶۵ یا ۳۶۶روزه بودن سال)) ژانویه سال جدید)، ۱(یکم تا هشتم ژانویه)، ۹ (نهم تا شانزدهم ژانویه)، ۱۷ (هفدهم تا بیست و چهارم ژانویه)، ۲۵ (بیست و پنجم ژانویه تا اول فوریه)، ۳۳ (دوم تا نهم فوریه)، ۴۱ (دهم تا هفدهم فوریه)، ۴۹ (هجدهم تا بیست و پنجم فوریه) و ۵۷ (بیست و ششم فوریه تا پنجم مارس) تعداد ۱۳۵ تصویر طی ۱۵ سال (۲۰۱۵-۲۰۰۱) ماههای برف ریز ایران مورد پردازش قرار گرفت. در این مطالعه برای آسانی نام گذاری، این هشت روزه ها به ترتیب با نامهای هشت روزه پایانی سال قبل، اول، دوم، سوم، چهارم، پنجم،ششم، هفتم و هشتم خوانده می شوند. با توجه به اینکه هدف مطالعه حاضر بررسی زمانی و مکانی پوشش برف بر مبنای ویژگی های توپوگرافیکی می باشد داده های DEM[2] ۳۰متری به منظور محاسبه شیب و جهت شیب از سایت SRTM[3] ناسا[4] مورد استفاده قرار گرفت.

به منظور تجزیه و تحلیل دقیق تر، ناحیه انتخاب شده به ۵ ناحیه مجزا براساس ارتفاع تقسیم شد(شکل۱-د، جدول۲). ناحیه سوم(نیمه مرتفع زاگرس، دامنه جنوبی البرز و شمالشرق) بیشترین وسعت و ناحیه پنجم (بسیار مرتفع زاگرس و البرز مرکزی) کمترین وسعت را دارا می باشند(شکل۱-د). داده های DEM ۳۰ متری اخذ شده، جهت هماهنگی با نقشه های برف (دارای ۲۶۹۵۵۳۷نقطه برای ناحیه برف خیز)، با استفاده از روش نمونه برداری مجدد bilinear در نرم افزار GIS به یک DEM ۵۰۰ متری تبدیل شد. بر اساس DEM ۵۰۰ متری، با توجه به اثر شیب و جهت شیب در پوشش برف، شیب هر کدام از ۵ ناحیه به دو قسمت ۴۴,۹ -۰ و ۸۹,۸ -۴۴,۹ درجه (بترتیب با نام شیب اول و شیب دوم)(شکل۱-ه) و جهات شیب به ۹ قسمت مسطح(۱-)، شمالی(۲۲,۵-۰ و ۳۶۰-۳۳۷,۵)، جنوبی(۲۰۲,۵ – ۱۵۷,۵)، شرقی (۱۱۲,۵-۶۷,۵)، غربی(۲۹۲,۵-۲۴۷,۵)، شمالشرقی(۶۷,۵ -۲۲,۵)، شمالغربی(۳۳۷,۵-۲۹۲,۵)، جنوبشرقی(۱۵۷,۵-۱۱۲,۵) و جنوبغربی(۲۴۷,۵ -۲۰۲,۵) (شکل۱-و) تقسیم شد. دلیل تقسیم درجه شیب تنها به دو قسمت به دلیل وسعت زیاد ناحیه مطالعه و تنوع درجات شیب آن است که برای همگونی و نمایش کلی، دو درجه شیب (از صفر درجه تا درجات متوسط و از درجات متوسط تا شیب بسیار بالا) مورد مطالعه قرار گرفت. سپس وسعت پوشش برف برای

1. Http://nsidc.Org
2. digital elevation model
3. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)
4. http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.4.6]

تمامی جهات شیب و درجات شیب در هر ۵ ناحیه ارتفاعی بدست آمد و توزیع زمانی پوشش برف که نشانگر تغییرات برف طی زمان است بر مبنای ۸ روزه با آماره های انحراف معیار، میانگین و ضریب تغییرات مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای نمونه، ارتفاع برف سه ایستگاه سینوپتیک انزلی، یزد و شهرکرد با ارتفاع های متفاوت ۲۳-، ۱۲۳۰ و۲۰۴۸ در دو سال پربرف نمایش داده شده است(شکل۲). لازم به ذکر است که زمین مرجع سازی، موزاییک تصاویر، تمام پردازش های لازم از جمله استخراج پیکسلهای برفی، برآورد مساحت، و... در نرم افزار GIS انجام گرفت.



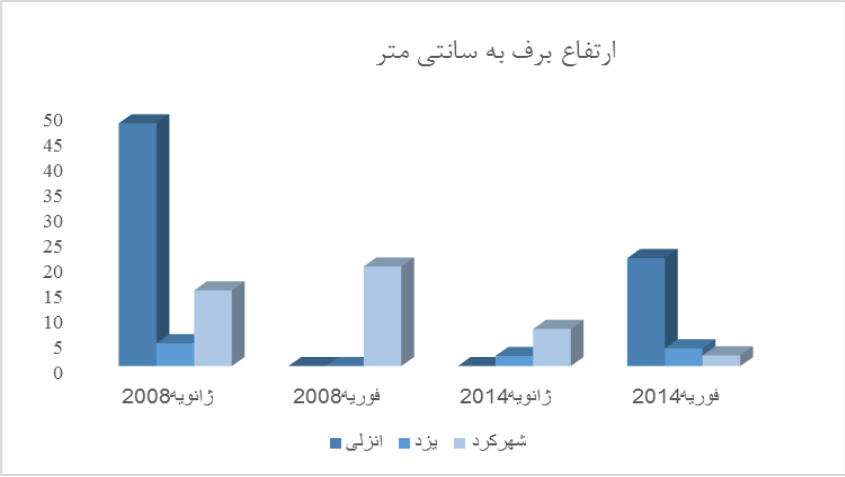
شکل(۱). نقشه ارتفاع ایران(الف) – نقشه ناحیه مطالعه(ب) – نقشه هیپسومتریک(ج) – نقشه نواحی ارتفاعی(د) – نقشه شیب به درجه (ه)و نقشه جهات شیب(و)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.4.6]

جدول(۲). ارتفاع و مساحت ناحیه مطالعه

ناحیه	دامنه ارتفاعی(m)	ارتفاع متوسط (m)	مساحت (km)	تعداد پیکسل
۱-پست خزری	-۸۹-۰	-۳۱/۵۹۶۷	۵۲۳۱/۵	۲۰۹۲۶
۲-کم ارتفاع دامنه های شمالی البرز، زاگرس، خراسان و مرکز	۰-۱۵۰۰	۷۵۰/۵	۳۰۰۳۲۷/۳	۱۲۰۱۳۰۹
۳-نیمه مرتفع زاگرس، دامنه جنوبی البرز و شمال شرق	۱۵۰۰-۳۰۰۰	۲۲۵۰/۵	۳۶۵۴۱۹/۵	۱۴۶۱۶۷۸
۴-مرتفع زاگرس و البرز مرکزی	۳۰۰۰-۴۵۰۰	۳۶۴۴/۴۶۶	۹۸۱۵/۷۵	۳۹۲۶۳
۵-بسیار مرتفع زاگرس و البرز مرکزی	۴۵۰۰-۶۰۰۰	۴۷۴۷/۷۰۲۷۰۳	۹/۵	۳۸



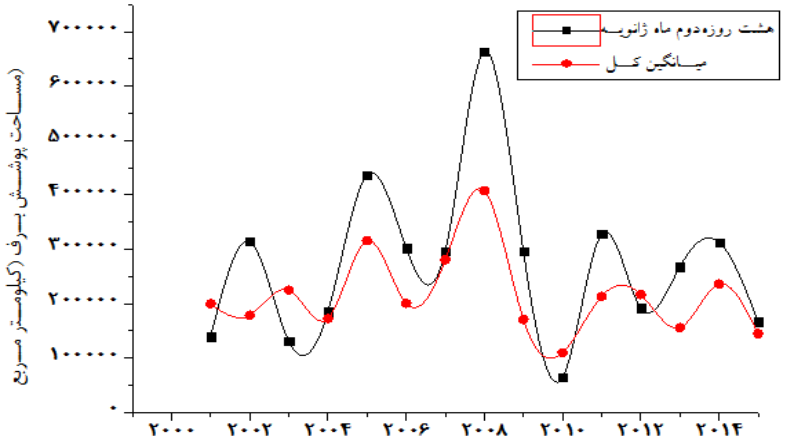
شکل(۲). ارتفاع برف در سه ایستگاه نمونه سینوپتیکی کشور

شناسایی ناحیه مستعد برف

ایران سرزمین بسیار پهناوری است(شکل۱-الف) و این وسعت با توجه به موقعیت جغرافیایی (۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و ۳۸ تا ۶۳ درجه طول شرقی) نشان دهنده الگوی مکانی و

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.4.6]

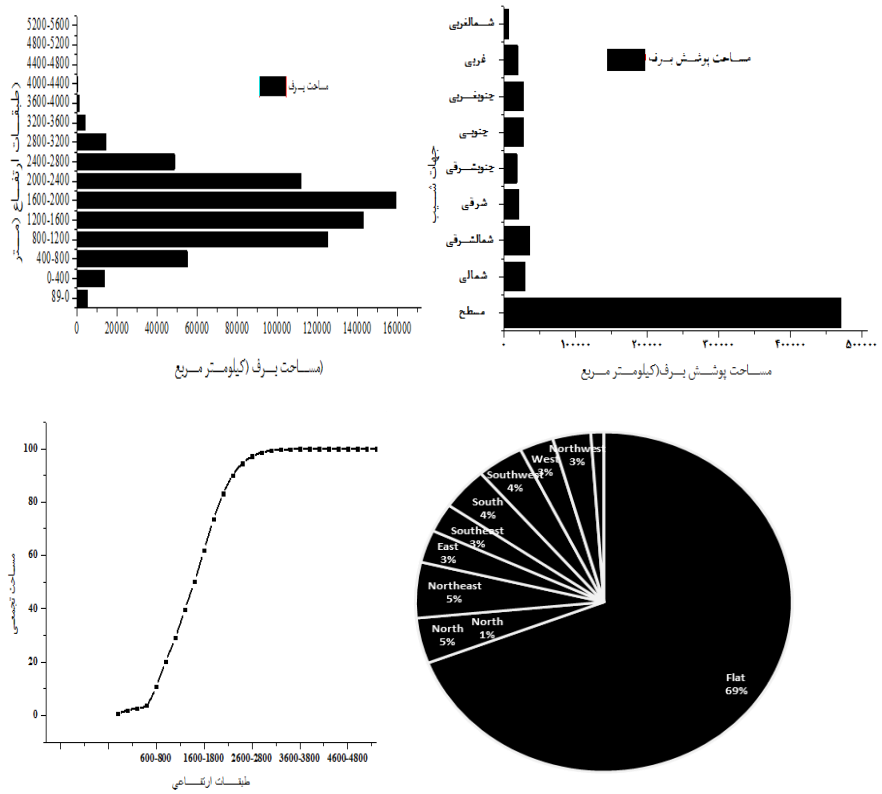
زمانی متفاوت پوشش برف در بخش های مختلف آن است، بطوری که در برخی مکانها به صورت دائمی و در برخی دیگر نادر است، بعنوان مثال در نیمه جنوبشرقی کشور تقریبا روزهای برفی وجود ندارد یا اندک است (علیجانی، ۱۳۸۷: ۱۲۱)، همچنین بررسی میانگین و سالانه مساحت پوشش برف(شکل۳) در دوره های هشت روزه ژانویه و فوریه، نشان داد که در هشت روزه دوم (۹) ماه ژانویه سال ۲۰۰۸، طی دوره مطالعاتی ۲۰۱۵-۲۰۰۱، پوشش برف نسبت به سالهای دیگر مساحت بیشتری از ایران را پوشانده است، در نتیجه ناحیه برف خیز ایران(شکل۱-ب) بر این اساس انتخاب شد و از دیگر نواحی کشور که به ندرت رخداد برف را تجربه می کنند(حتی در رخداد برف فراگیر سال ۲۰۰۸) صرف نظر شد. وسعت ناحیه مطالعه ۶۸۰۸۰۳,۵ کیلومتر مربع و ارتفاع میانگین آن ۱۵۹۱,۶۱ متر می باشد. برای نمایش نحوه توزیع ارتفاعات در ناحیه از منحنی‌های آلتیمتری[1] و هیپسومتری[2] (شکل۴-بالا چپ و پایین چپ) استفاده شده است. با توجه به نمودار آلتیمتری بیشترین و کمترین وسعت ناحیه بترتیب در ارتفاع ۲۰۰۰-۱۶۰۰ متر و ۵۶۰۰-۵۲۰۰ متر واقع شده است. منحنی هیپسومتری نشان می‌دهد ۵۰ درصد ناحیه مطالعه تا ارتفاع ۱۲۰۰ متری می باشد. ۶۹ و ۶ درصد ناحیه به ترتیب مربوط به جهات مسطح و شمالی است که بالاترین درصد ناحیه را به خود اختصاص داده اند و بقیه جهات ۳ تا ۵ درصد ناحیه مطالعه را شامل می شوند(شکل ۴-پایین راست).



شکل(۳). مساحت پوشش برف در هشت روزه دوم ماه ژانویه سال ۲۰۰۸و متوسط هشت روزه ها طی دوره ۲۰۱۵-۲۰۰۱

[1] Altimetriy
[2] Hypsometry

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.4.6]



شکل(۴). نمودار آلتیمتریک(بالا-چپ)،مساحت پوشش برف جهات شیب(بالا-راست)، منحنی هیپسومتریک (پایین –چپ)-و نمودار درصد جهات شیب(پایین-راست)

بحث و نتایج

الف-بررسی ویژگی مکانی برف

۱- وسعت پوشش برف به تفکیک نواحی

در ناحیه اول (ناحیه خزری) که کاملا مسطح بوده و ارتفاعی پایین تر از سطح دریا دارد، پوشش برف تنها در سالهای ۲۰۰۸ و ۲۰۱۴ و در هشت روزه اول، دوم ، سوم و پنجم تا ۹۷ درصد نیز رسیده است. در ناحیه دوم (کم ارتفاع دامنه های شمالی البرز، زاگرس، خراسان ومرکز) نیز وسعت برف بالای ۵۰ درصد در سالهای ۲۰۰۱ و ۲۰۰۸ حادث شده است. در ناحیه سوم (نیمه مرتفع زاگرس، دامنه جنوبی البرز و شمال شرق) بیشتر سالها و در هشت روزه سوم(۱۷)، چهارم (۲۵) وپنجم (۳۳) تحت پوشش برف بوده است، بطوریکه در هشت روزه‌ی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.4.6]

پنجم(۳۳)، تقریبا همه سالها پوشش برف بیش از ۵۰ درصد بوده است. در نواحی چهارم و پنجم (نواحی مرتفع البرز و زاگرس) با ارتفاع بالای ۳۰۰۰ متر مشخص است که در همه سال‌ها و در همه تاریخ‌های هشت روزه پوشش برف بیش از ۵۰ درصد بوده، تنها در شیب های ۴۴,۹- ۰ درجه(شیب اول) ناحیه پنجم که ۳۱پیکسل را شامل می‌شود، در این تعداد پیکسل یا پوشش برف ۱۰۰ درصد رخ داده یا کاملا بدون برف بوده است. بوضوح مشخص است که ارتباط بسیار قوی بین ارتفاع و وسعت پوشش برف وجود دارد بطوریکه نواحی با ارتفاع بالاتر از ۳۰۰۰متر (نواحی چهار و پنج)، بیشترین وسعت برف را داشته اند (اعداد پررنگ نشاندهنده وسعت پوشش برف بالای۵۰ درصد در ناحیه است). در جدول ۳ درصد پوشش برف ناحیه سوم و چهارم برای نمونه ارائه شده است. با توجه به حجم زیاد جداول از ارائه سایر جداول در متن صرف نظر شده است.

جدول(۳). درصد پوشش برف ناحیه سوم (بالا)وچهارم(پایین)(شیب اول و شیب دوم)

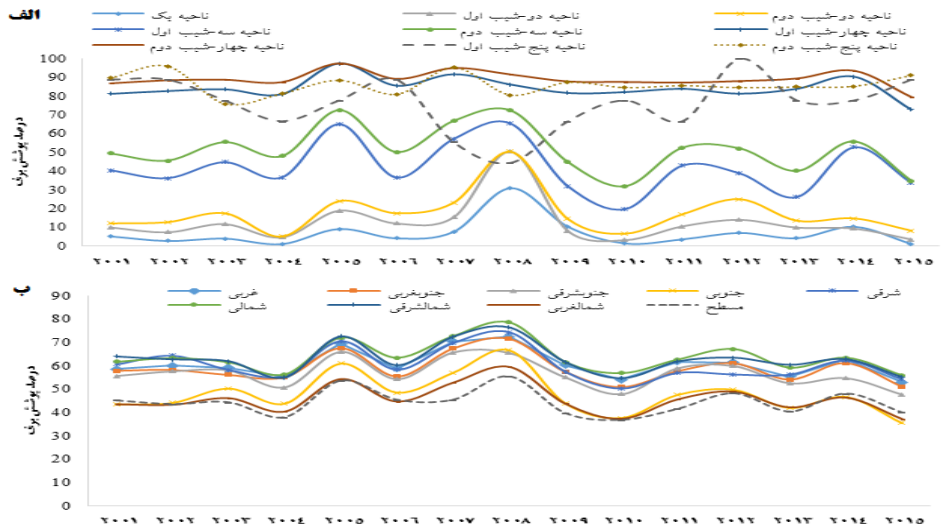
	۳۶۵	۱	۹	۱۷	۲۵	۳۳	۴۱	۴۹	۵۷	۳۶۵	۱	۹	۱۷	۲۵	۳۳	۴۱	۴۹	۵۷
۲۰۰۱	۴۰,۲	۳۵,۶	۳۱,۶	۳۷,۵	**۷۵,۵**	**۵۱,۹**	۴۰,۹	۳۶,۸	۱۴,۱	**۴۹,۹**	۴۵,۵	۴۰,۶	۴۵,۴	۸۳,۱	**۵۹,۴**	**۵۰,۱**	۴۷,۵	۲۳,۲
۲۰۰۲	۵,۲	۱۴	**۶۲,۶**	**۵۸,۹**	**۶۰,۸**	**۵۱,۴**	۳۳,۶	۲۸,۴	۱۰,۹	۱۱,۷	۲۲	**۶۸,۸**	**۶۵,۸**	**۶۷,۷**	**۵۹,۹**	۴۴,۱	۴۶,۷	۲۴,۱
۲۰۰۳	۴۱,۴	۳۹,۴	۲۷,۳	**۷۰,۷**	**۶۸,۳**	**۵۵,۱**	۳۴,۲	۳۷,۴	۲۸,۶	۵۸	**۵۴,۴**	۳۸,۳	**۷۸,۵**	**۷۲,۳**	**۶۰,۸**	۴۰,۶	۴۸,۳	۴۶,۹
۲۰۰۴	۳۲,۴	۴۹,۳	۴۱,۶	۳۳,۸	**۴۹,۵**	**۵۶,۶**	۳۳,۹	۲۱,۸	۱۰,۹	۴۸,۹	**۵۷,۷**	۴۷,۸	۴۸,۲	**۶۱,۷**	**۶۶,۷**	۴۴,۶	۳۵,۱	۲۰,۹
۲۰۰۵	**۷۸**	**۶۲**	**۸۵,۶**	۷۵	**۷۰,۷**	**۵۴,۴**	**۷۰,۵**	**۵۸,۴**	۲۱,۲	**۸۲,۵**	۶۹	**۸۸,۷**	**۷۹,۷**	**۷۹,۶**	**۵۸,۷**	**۸۲,۱**	**۶۸,۳**	۴۳,۵
۲۰۰۶	۳۱,۸	۲۲,۲	**۵۴,۲**	**۷۷,۲**	۴۸,۱	۳۳	۲۳,۶	۲۶,۵	۱۲,۴	۴۷,۷	۳۶,۳	۶۶,۹	**۸۵,۴**	۶۰,۴	**۴۹,۱**	۳۶,۴	۴۴,۹	۲۴,۶
۲۰۰۷	**۶۹,۱**	**۶۴,۲**	**۶۳,۸**	**۷۶,۷**	**۶۵,۳**	**۵۵,۴**	۴۴	۴۱,۳	۳۴,۴	**۷۹,۶**	**۷۲,۹**	۷۳	**۸۳,۸**	**۷۰,۳**	**۶۴,۹**	**۵۵,۴**	**۵۱**	**۴۹,۵**
۲۰۰۸	۴۰,۷	**۸۳,۳**	**۹۸,۳**	**۸۴,۶**	**۷۸,۲**	**۷۴**	**۶۵,۲**	۳۷,۹	۲۵,۴	**۵۳,۴**	**۸۵,۱**	**۹۸,۵**	**۸۸,۹**	**۸۳,۵**	**۸۳,۴**	**۷۲,۱**	۴۸,۳	۳۸,۱
۲۰۰۹	۱۸,۶	۲۷,۸	**۵۶,۴**	**۵۳,۳**	۴۴,۹	۳۴,۱	۲۳,۵	۱۶,۸	۱۱,۴	۴۱,۷	۴۶,۸	**۶۵,۹**	**۶۰,۹**	**۵۲,۴**	**۴۹,۳**	۴۱,۸	۳۰,۵	۲۴,۲
۲۰۱۰	۱۸,۴	۲۱,۸	۱۰,۵	۱۰	۳۱	۴۷,۵	۱۶,۶	۶,۱	۱۲,۵	۲۱,۱	۳۶,۱	۱۹,۶	۱۷,۹	۴۶,۲	۶۰,۸	۳۳,۶	۱۶,۴	۲۵,۹
۲۰۱۱	۱۳	۱۶,۵	**۶۴,۹**	**۶۴,۸**	۴۳,۵	**۷۰,۳**	**۵۳,۵**	۳۴,۱	۲۵,۸	۱۹,۷	۲۶,۵	**۷۰,۷**	**۷۴,۶**	۴۶,۳	۸۰,۲	۶۶,۷	۴۸,۷	۳۹,۴
۲۰۱۲	۲۱,۷	۳۲,۹	۳۴	۲۹,۴	۲۲,۱	**۵۲,۷**	۴۳	۳۵,۳	**۵۵,۸**	۳۳,۴	۴۵,۴	۴۵,۳	۵۴,۷	۴۵,۳	۶۷,۵	۵۶,۳	**۵۳,۶**	**۶۷,۹**
۲۰۱۳	۳۳,۳	۲۰,۴	۴۸,۴	۲۸,۴	۲۵,۹	۴۱,۹	۱۶,۴	۱۰,۳	**۹,۷**	۴۸,۶	۳۳,۲	۶۴,۶	۴۳,۳	۲۶,۴	۶۰,۵	۳۱,۴	۱۹,۴	۲۳,۴
۲۰۱۴	۴۸,۸	**۷۴,۴**	**۷۷,۵**	**۶۷,۹**	۴۳	**۷۲,۹**	۴۶,۴	۳۳,۱	۹,۸	**۵۸,۸**	**۷۴,۸**	**۷۰,۴**	۶۶	۴۳,۷	**۷۶,۷**	۵۰	۴۲,۷	۱۹,۲
۲۰۱۵	۹,۲	۱۱,۶	۲۶,۱	۲۶,۶	۲۵,۵	**۱۰۵,۱**	۱۵,۶	**۵۷,۷**	۲۵,۲	۱۸,۸	۲۰,۱	۴۵,۵	۴۷,۱	۳۶,۶	۲۰,۱	۲۲,۴	۶۰	۴۲,۱
	۳۶۵	**۱**	**۹**	**۱۷**	**۲۵**	**۳۳**	**۴۱**	**۴۹**	**۵۷**	**۳۶۵**	**۱**	**۹**	**۱۷**	**۲۵**	**۳۳**	**۴۱**	**۴۹**	**۵۷**
۲۰۰۱	**۸۴,۳**	**۷۹,۹**	**۹۲,۵**	**۶۸,۴**	**۸۸,۵**	**۷۱,۵**	**۹۶**	**۸۵,۹**	**۶۴,۲**	**۹۱,۳**	**۸۷,۳**	**۹۳,۷**	**۷۶,۱**	**۹۱,۸**	**۸۲,۲**	**۹۳,۹**	**۹۰,۳**	**۷۴,۹**
۲۰۰۲	**۶۰,۵**	**۵۵**	**۹۳,۳**	**۹۰,۲**	**۸۶,۳**	**۹۰,۱**	**۹۷,۵**	**۹۶,۳**	**۷۵,۳**	**۷۰,۲**	**۶۳,۳**	**۹۶,۹**	**۹۵,۸**	**۹۳,۶**	**۹۵,۶**	**۹۷,۷**	**۹۶,۲**	**۸۷,۴**
۲۰۰۳	**۸۸,۵**	**۸۶,۳**	**۷۰,۶**	**۹۶**	**۹۳,۳**	**۹۸**	**۸۳,۲**	**۷۳,۲**	**۶۳,۸**	**۹۱**	**۸۸,۹**	**۸۰,۲**	**۹۶**	**۹۵,۳**	**۹۷,۷**	**۸۷,۹**	**۷۶,۹**	**۸۵,۳**
۲۰۰۴	**۶۵,۳**	**۶۶,۸**	**۹۰,۸**	**۹۴,۵**	**۹۸,۵**	**۹۶,۶**	**۸۶,۵**	**۶۹,۳**	**۶۱**	**۷۹,۱**	**۸۱,۶**	**۹۲,۱**	**۹۶,۵**	**۹۸**	**۹۷,۴**	**۸۶,۲**	**۸۱,۲**	**۷۵,۲**
۲۰۰۵	**۹۹,۸**	**۹۹,۴**	**۹۸,۹**	**۹۸,۸**	**۹۸,۵**	**۸۹,۹**	**۹۷,۹**	**۹۸**	**۹۵,۸**	**۹۹,۷**	**۹۹,۲**	**۹۹**	**۹۸,۹**	**۹۸,۷**	**۸۹,۷**	**۹۷,۲**	**۹۷,۷**	**۹۷,۱**
۲۰۰۶	**۹۲,۸**	**۹۱,۱**	**۸۲,۵**	**۹۶,۴**	**۹۲,۴**	**۷۸,۲**	**۶۱,۱**	**۹۴,۴**	**۸۰,۵**	**۹۴,۱**	**۹۲,۱**	**۸۰**	**۹۷,۳**	**۹۱,۶**	**۸۸,۳**	**۹۶,۱**	**۹۵,۶**	**۸۷,۹**
۲۰۰۷	**۸۸,۲**	**۸۳,۴**	**۸۲,۳**	**۹۷,۸**	**۹۸,۷**	**۹۷,۸**	**۹۴,۸**	**۹۵,۹**	**۸۶,۷**	**۹۳,۱**	**۹۰,۲**	**۸۹,۱**	**۹۸**	**۹۸,۷**	**۹۸,۱**	**۹۶,۷**	**۹۸,۱**	**۹۳,۱**
۲۰۰۸	**۶۷**	**۹۸,۲**	**۹۹,۷**	**۹۸,۴**	**۹۷,۶**	**۹۷,۳**	**۹۲,۴**	**۶۷,۲**	**۵۸,۲**	**۸۰,۸**	**۹۷,۹**	**۹۹,۶**	**۹۸,۲**	**۹۸,۲**	**۹۷,۴**	**۹۳,۶**	**۸۲,۸**	**۷۵,۷**
۲۰۰۹	**۷۰,۲**	**۸۹,۱**	**۹۲,۷**	**۹۲,۲**	**۹۶**	**۸۴**	**۷۴,۲**	**۶۵,۸**	**۷۱,۱**	**۷۷,۶**	**۹۱,۳**	**۹۳,۴**	**۹۴,۸**	**۹۴,۹**	**۹۰,۵**	**۸۶**	**۸۰**	**۸۲,۶**
۲۰۱۰	**۹۲,۸**	**۹۳**	**۷۹,۲**	**۷۰,۶**	**۸۷,۲**	**۹۲,۷**	**۸۰**	**۶۴,۷**	**۸۷,۴**	**۹۵,۷**	**۹۵**	**۸۳**	**۷۷,۴**	**۸۳,۴**	**۹۵,۴**	**۹۰,۴**	**۷۶,۳**	**۹۲**
۲۰۱۱	**۵۷,۲**	**۵۴,۵**	**۷۶,۸**	**۹۸,۷**	**۸۳**	**۹۹,۶**	**۹۹,۳**	**۹۸**	**۸۸,۷**	**۵۹,۹**	**۶۷,۷**	**۸۶,۲**	**۹۸,۱**	**۸۶,۷**	**۹۹,۳**	**۹۹,۲**	**۹۸,۱**	**۹۰**
۲۰۱۲	**۵۶,۱**	**۵۵,۳**	**۹۲,۲**	**۸۷,۷**	**۷۱,۹**	**۹۶,۷**	**۸۰,۹**	**۹۲,۶**	**۹۸,۷**	**۷۱,۹**	**۷۲,۶**	**۹۴,۶**	**۹۲,۵**	**۸۲,۸**	**۹۷**	**۸۹,۵**	**۹۴,۲**	**۹۷,۹**
۲۰۱۳	**۹۵**	**۸۶,۴**	**۹۰,۸**	**۸۹,۲**	**۶۳,۸**	**۹۵,۸**	**۷۸,۳**	**۷۹,۴**	**۷۶,۶**	**۹۶,۱**	**۸۹,۲**	**۹۴,۲**	**۹۲,۸**	**۷۷,۱**	**۹۸**	**۸۷,۸**	**۸۲,۱**	**۸۷,۶**
۲۰۱۴	**۶۸,۸**	**۹۹**	**۹۸,۳**	**۹۷,۴**	**۹۰**	**۹۶,۲**	**۹۳,۷**	**۹۴,۵**	**۷۵,۸**	**۹۱,۹**	**۹۸,۳**	**۹۷,۶**	**۹۶,۴**	**۹۰,۳**	**۹۵,۲**	**۹۴,۹**	**۹۵,۱**	**۸۲,۷**
۲۰۱۵	**۴۹,۶**	**۵۴,۶**	**۶۲,۹**	**۹۷,۱**	**۸۸,۴**	**۶۱,۵**	**۴۸,۵**	**۹۵,۳**	**۹۶,۸**	**۶۳**	**۷۰**	**۷۵,۵**	**۹۵,۷**	**۹۰,۲**	**۷۲,۱**	**۵۹,۲**	**۹۲,۵**	**۹۷,۵**

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.4.6]

۲- وسعت پوشش برف بر مبنای شیب و جهت شیب

در شکل۵-الف میانگین درصد پوشش برف به تفکیک ۵ ناحیه مورد مطالعه برای شیبهای اول و دوم نشان داده شده است. ملاحظه می شود که در تمامی نواحی درصد پوشش برف در شیب دوم (۸۹,۸ -۴۴,۹) بیشتر از شیب اول (۴۴,۹ -۰) بوده است. به جز در ناحیه پنجم (بسیار مرتفع زاگرس و البرز مرکزی)، در تمامی نواحی، بیشینه پوشش برف در سال ۲۰۰۸ رخ داده است. در هر دو طبقه شیب ناحیه چهارم (مرتفع زاگرس و البرز مرکزی)، میانگین هشت روزه برف در تمامی سال ها بیش از ۸۰ درصد بوده است. کمترین وسعت پوشش برف مربوط به ناحیه ساحلی و پست دریای خزر است که حداکثر پوشش برف آن، در سال ۲۰۰۸ به ۳۰ درصد رسیده است. بررسی پوشش برف نیز در جهات مختلف نشان می دهد جهت های شمالی، شمالشرقی، غربی و سپس شرقی بیشترین درصد پوشش برفی را دارا بوده‌اند و کمترین درصد میانگین هشت روزه برف بترتیب در جهات شمالغربی، جنوبی ، جنوبشرقی و جنوبغربی بوده است و درنهایت زمین‌های مسطح کمترین مقدار ممکن از درصد پوشش برفی را در نواحی پنج گانه مطالعه داشته است(شکل۵- ب).



شکل(۵). الف-میانگین هشت روزه وسعت برف به درصد در شیب اول و دوم،ب-میانگین هشت روزه وسعت برف به درصد در نه جهت ۵ ناحیه مورد مطالعه

ب-توزیع زمانی پوشش برف

برای نمایش توزیع زمانی پوشش برف از میانگین ، انحراف معیار و ضریب تغییرات پوشش برف طی نه دوره هشت روزه ماههای ژانویه و فوریه سالهای ۲۰۱۵-۲۰۰۱ استفاده شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.4.6]

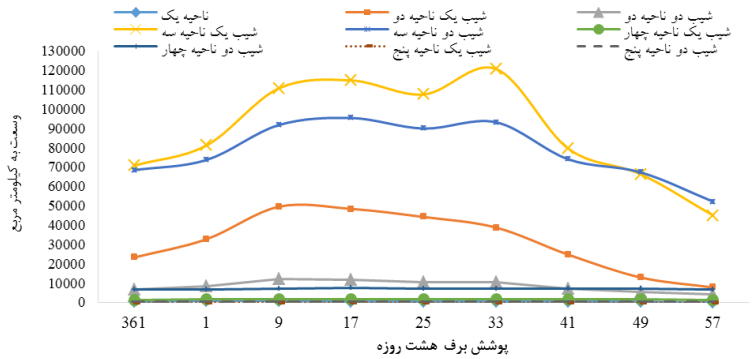
نتایج حاصل از بررسی میانگین نشان می دهد حداکثر وسعت برف بترتیب در هشت روزه های پنجم(۳۳)، سوم(۱۷)، دوم(۹)، چهارم(۲۵)، اول (۱)، ششم (۴۱)، هشت روزه پایانی سال قبل(۳۶۱)، هفتم(۴۹) و هشتم (۵۷) رخ داده است و در هشت روزه ۳۳ (دوم تا نهم فوریه) این میانگین به رقم ۱۲۰۷۵۵,۱ کیلومتر مربع رسیده است(شکل۶و۹). بررسی بیشترین پوشش برفی برای هر ناحیه نشان می دهد هشت روزه دوم (۹) در ناحیه اول و دوم، هشت روزه پنجم (۳۳) و سوم(۱۷) در شیب اول و دوم ناحیه سوم، هشت روزه سوم(۱۷) ناحیه چهارم، هشت روزه پنجم (۳۳) و سوم(۱۷) در شیب اول و دوم ناحیه پنجم، بیشترین میانگین پوشش برف را طی دوره مطالعه داشته اند.

بیشترین میزان انحراف معیار که پراکندگی داده‌ها را نسبت به میانگین نشان می دهد بترتیب در هشت روزه های دوم(۹)، سوم(۱۷)، چهارم(۲۵)، اول (۱)، هشت روزه پایانی سال قبل(۳۶۱) ، پنجم(۳۳)، ششم (۴۱) ، هفتم(۴۹) و هشتم (۵۷) مشخص است. نمودار انحراف معیار نشان می دهد با شروع دوره مطالعه، انحراف معیار ابتدا با شیب کمی افزوده می شود و سپس اوج گرفته و در چهار هشت روزه ی آخر سیر نزولی پیدا می کند. بالاترین انحراف معیار مربوط به شیب اول(۴۴,۹ -۰) نواحی دو و سه (کم ارتفاع دامنه های شمالی البرز، زاگرس، خراسان، مرکز ونیمه مرتفع زاگرس، دامنه جنوبی البرز و شمالشرق) با ارتفاع ۳۰۰۰-۰ و پایین ترین انحراف معیار هم در مناطق مرتفع یعنی ناحیه ۴ و ۵ (نواحی مرتفع و بسیار مرتفع زاگرس و البرز مرکزی) قابل تشخیص است (شکل۷و۱۰).

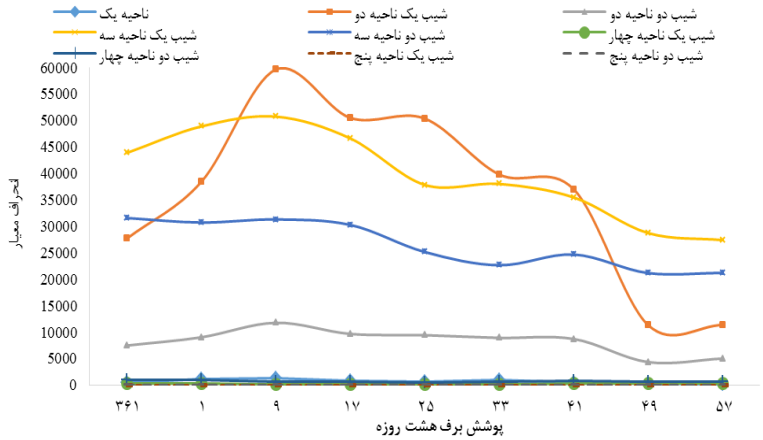
ضریب تغییرات طی ۱۵ سال مشخص می کند که ناحیه پست خزری با ارتفاع زیر صفر و مسطح ، بالاترین رقم را داشته است، این بدان معناست که پوشش برف در این ناحیه از سالی به سال دیگر کاملا متغیر است و در هشت روزه ششم(۴۱) ، به عدد ۲۱۴ درصد هم رسیده است(شکل۸و۱۱). همانگونه که ملاحظه می شود با افزایش ارتفاع (نواحی ۳، ۴ و ۵) ضریب تغییرات بشدت کاهش یافته است و با حرکت از ناحیه اول بسمت ناحیه پنج این ضریب سیر نزولی دارد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

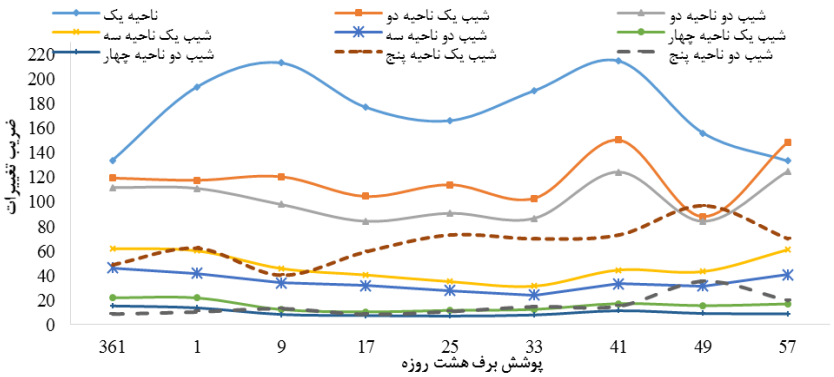
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.4.6]



شکل(۶). میانگین وسعت برف به کیلومتر طی دوره ۲۰۱۵-۲۰۰۱ در بازه های زمانی هشت روزه



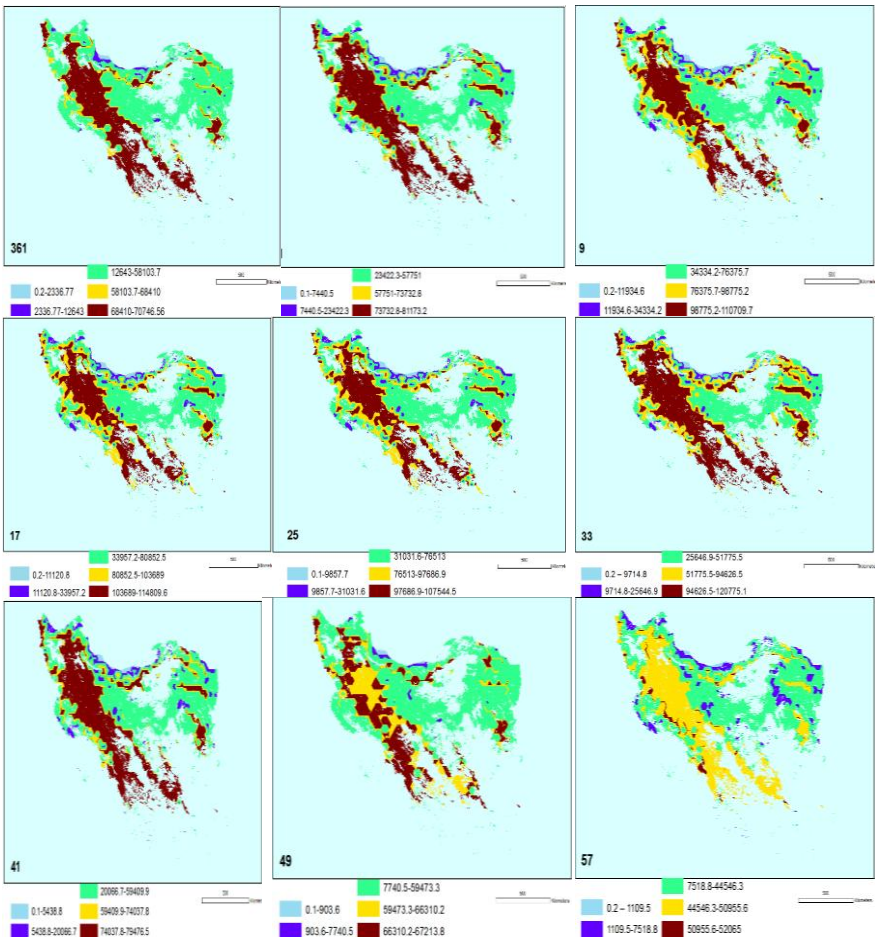
شکل(۷). انحراف معیار وسعت برف به طی دوره ۲۰۱۵-۲۰۰۱



(شکل ۸). ضریب تغییرات وسعت برف به درصد طی دوره۲۰۱۵-۲۰۰۱

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

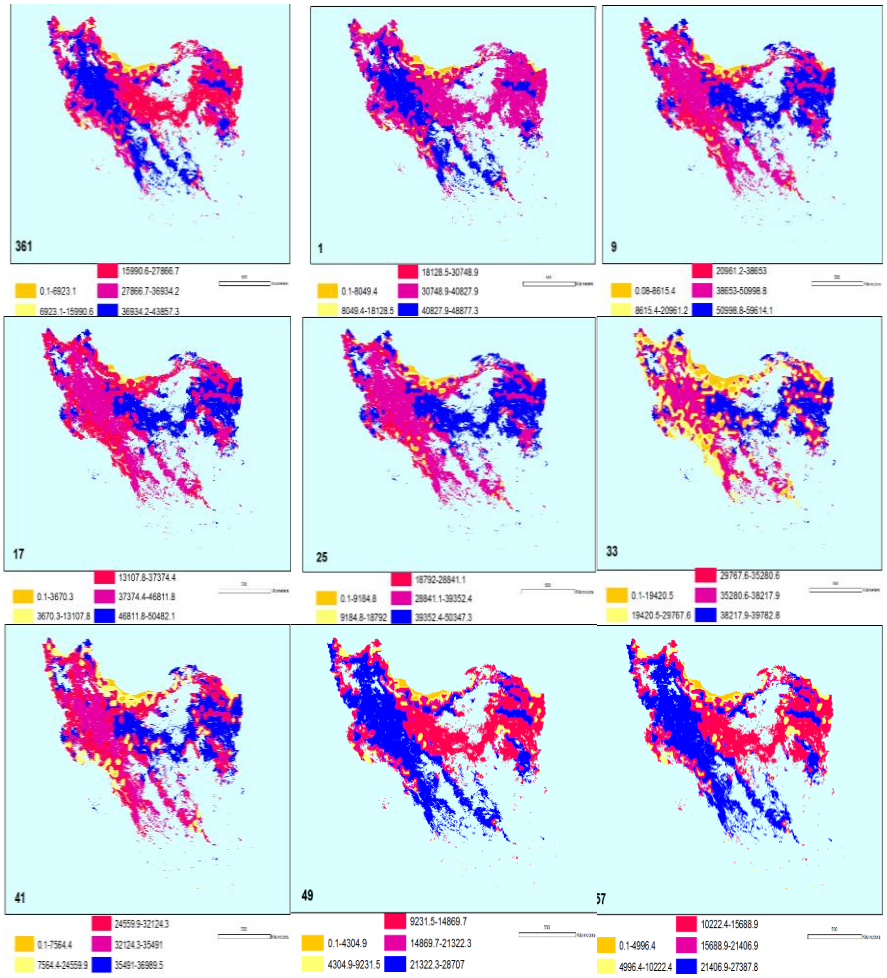
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.4.6]



شکل(۹). میانگین هشت روزه برف در هشت روزه های دوره ۲۰۱۵-۲۰۰۱

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

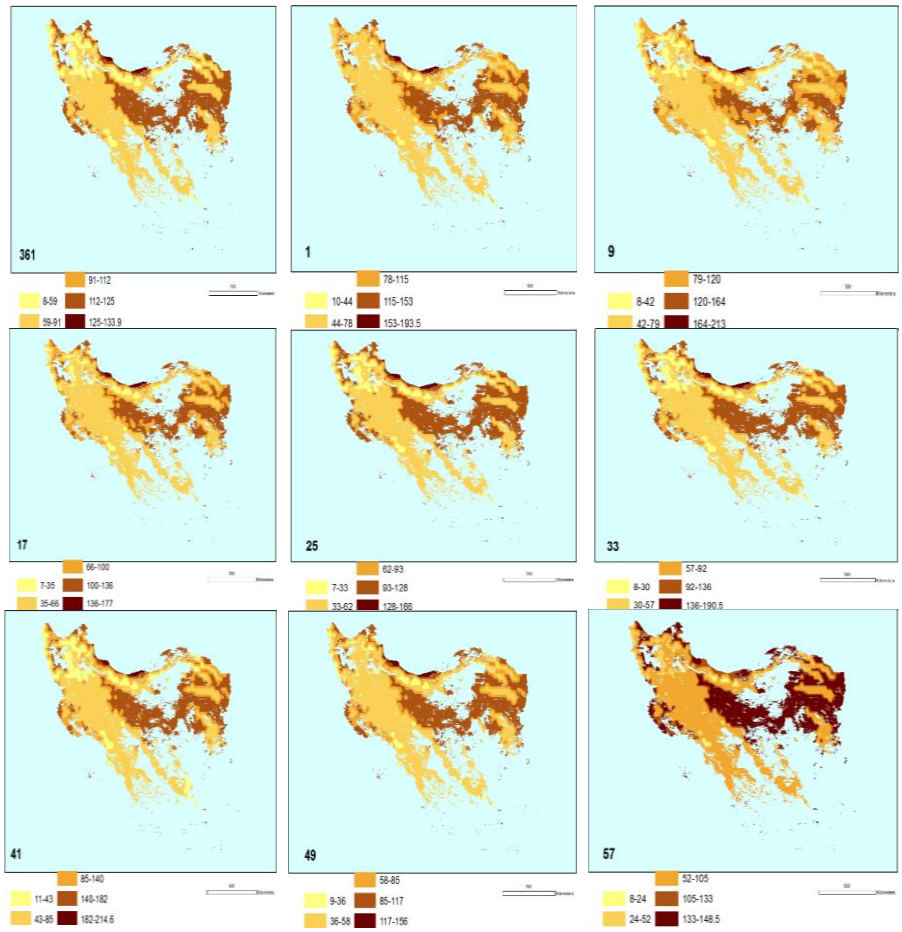
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.4.6]



شکل(۱۰). انحراف معیار هشت روزه برف در هشت روزه های دوره ۲۰۱۵-۲۰۰۱

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

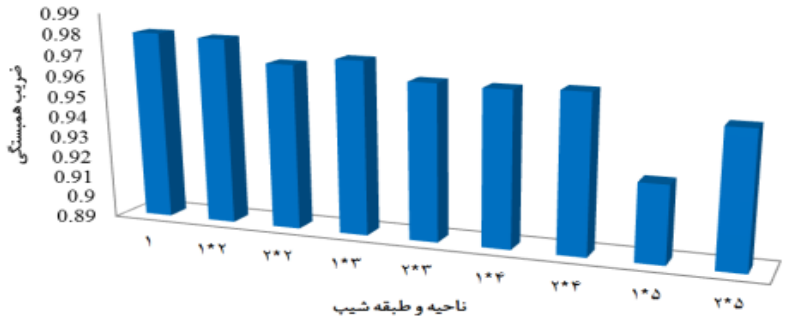
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.4.6]



شکل(۱۱). ضریب تغییرات روزه برف در هشت روزه های دوره ۲۰۱۵-۲۰۰۱

همبستگی بین درصد پوشش برف با ارتفاع در شیبهای اول و دوم ۵ ناحیه گویای رابطه ی بالای بین ارتفاع و پوشش برف است(در تمامی نواحی ضریب همبستگی بالای ۰,۹۰ درصد مشاهده شده است) و بعبارت دیگر با ضریب تبیین بدست آمده، ۸۱ درصد تغییرات برف با ارتفاع کنترل می شود. بدیهی است که نواحی با ارتفاع بالاتر پوشش برف بیشتری را بخود اختصاص داده اند و در مناطق پست همانند سواحل خزر پوشش برف طی دوره مطالعه کمتر بوده است. (شکل ۱۲).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.4.6]



شکل(۱۲). همبستگی ارتفاع با درصد وسعت پوشش برف در شیبهای اول و دوم ۵ ناحیه

نتیجه گیری

هدف از این مطالعه بررسی توزیع زمانی و مکانی برف با استفاده از محصولات ۵۰۰ متری برف سنجنده مودیس در دوره بلند مدت ۲۰۱۵-۲۰۰۱ بوده است. ابتدا ناحیه مستعد برف در ایران بر مبنای مساحت پوشش برفی سال ۲۰۰۸ به عنوان فراگیرترین سال برفی شناسایی شد. سپس به منظور تجزیه و تحلیل دقیق تر، ناحیه برف خیز بر اساس ارتفاع به پنج ناحیه ارتفاعی تقسیم و از نقطه نظر ارتفاع، شیب و جهت شیب مورد بررسی واقع شد. از نظر مکانی بیشترین وسعت برف (نزدیک ۱۰۰ درصد پوشش برف) در نواحی ۴ و۵ (مرتفع وبسیار مرتفع زاگرس و البرز مرکزی) که بیشترین ارتفاع را دارند رخ داده است و در نواحی یک و دو که بترتیب ارتفاع کم (۱۵۰۰-۰) را داشته اند بیشترین پوشش برف در سالهای ۲۰۰۱ ،۲۰۰۸ و۲۰۱۴ حادث شده است. همچنین در بررسی شیب مشخص شد در شیب دوم (۸۹,۸ -۴۴,۹ْ) نسبت به شیب اول، پوشش برف بالاتر بوده و بالاترین وسعت پوشش برف در این دو شیب به جز ناحیه پنج درسال ۲۰۰۸ و ۲۰۱۴ بوده است که البته در هشت روزه های مختلف برخی سالها نیز وسعت پوشش برف بالا رفته است. از نقطه نظر جهت شیب بیشترین و کمترین وسعت برف نیز به ترتیب در جهت های شمالی و مسطح بوده است.

بررسی توزیع زمانی برف در نه دوره ی هشت روزه با استفاده از میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات صورت گرفت و مشخص شد در هشت روزه ی پنجم (۳۳) وسوم (۱۷) که بترتیب مربوط به تاریخهای دوم تا نهم فوریه و هفدهم تا بیست و چهارم ژانویه می‌باشد، بیشترین میانگین وسعت برف طی دوره مطالعه، ناحیه را پوشانده است. بالاترین رقم انحراف معیار در هشت روزه ی دوم(۹) وسوم (۱۷) که بترتیب مربوط به تاریخهای نهم تا شانزدهم ژانویه و هفدهم تا بیست و چهارم ژانویه است، رخ داده است و نمودار آن نشان می دهد ابتدا

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.4.6]

در روزهای اول هشت روزه مطالعه اوج گرفته و در هشت روزه های آخر سیر نزولی را نشان می هد. بالاترین ضریب تغییرات مربوط به ناحیه اول است و هرچه از ناحیه اول(پست خزری) به سمت نواحی مرتفع پیش می رویم از این ضریب کاسته می شود به عبارتی دیگر تغییر پذیری برف در مناطق مرتفع بسیار کم و قابل چشم پوشی است.

منابع و ماخذ

۱. ارکیان، فروزان، طاهری، حمید رضا، زیرک زاده، سحر (۱۳۹۳). **بررسی تغییر پذیری در تعداد روزهای برفی و عمق برف در ایران با تکنیک GIS در دوره اماری ۲۰۱۰-۱۹۸۱**، شانزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، صص۲۸۷-۲۸۳.

۲. علیجانی، بهلول(۱۳۸۷).**آب و هوای ایران**، انتشارات دانشگاه پیام نور.

۳. فتاحی، ابراهیم، دلاور، مجید، قاسمی،الهه (۱۳۹۰). **شبیه سازی رواناب ناشی از ذوب برف در حوضه های کوهستانی با استفاده از مدلSRM مطالعه موردی حوضه آبریز بازفت**، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی،جلد (۲۰، شماره ۲۳، صص۱۴۱-۱۲۹).

۴. فهیمی نژاد،الهام، حجازی زاده،زهرا، علیجانی،بهلول، ضیاییان،پرویز (۱۳۹۱). **تحلیل سینوپتیکی و فضایی توفان برف استان گیلان(فوریه ۲۰۰۵)**، مجله جغرافیا و توسعه ی ناحیه ای،شماره(۱۹،صص ۳۰۲-۲۸۱).

Fayaz, N., Vazifedoust, M., & Araghinejad, Sh. (2013). ***Monitoring of snow cover variation using MODIS snow prouduct***, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-1/W3, 2013.SMPR 2013, Tehran, Iran, 165-168.

Huete, A., Justice, C., & Leeuwen, W.V. (1999). ***Modis Vegetation Index(MOD 13), Algorithm Theoretical Basis Document***, Version 3 ,University of Virginia Department of Environmental Sciences Clark Hall Charlottesville, VA 22903., 1-120.

Hall, D.K., Riggs, G.A., Salomonson, V.V., Barton, J.S., Tait,A.B.(2001). ***Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) for the MODIS Snow and Sea Ice-Mapping Algorithms***, September 2001.nasa.gov.

Kostadinov, T.S., Lookingbill, T.R. (2015). ***Snow covers variability in a forest ecotone of the Oregon Cascades via MODIS Terra products***, Remote Sensing of Environment, 164, 155–169.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.4.6]

Krajc˘i, P., Holko, L., Perdigao, R.A.P., Parajka, J. (2014). ***Estimation of regional snowline elevation (RSLE) from MODIS images for seasonally snow covered mountain basins***, Journal of Hydrology, 519, 1769–1778.

Marchane ,A., Jarlan ,L., Hanich ,L., Boudhar ,A., Gascoin,S., Tavernier ,A., Filali ,N., Le Page,M.,Hagolle,O., Berjamy,B.(2015). ***Assessment of daily MODIS snow cover products to monitor snow cover dynamics over the Moroccan Atlas mountain range***, Remote Sensing of Environment, 160, 72–86.

Munoz J., J. Infante, T. Lakhankar, R. Khanbilvardi, P. Romanov, N. Krakauer, A. Powell.(2013).***Synergistic Use of Remote Sensing for Snow Cover and Snow Water Equivalent Estimation***, British Journal of Environment and Climate Change. 3(4), 612-627, DOI: 10.9734 /BJECC/ 2013/7699.

NASA Web page: National Snow and Ice Data Center. ***Data Center:*** **Advancing knowledge of Earth's frozen regions** .Available online at 9.5.2016:http://nsidc.org/data/search/#keywords=mod10/sortKeys=score,,desc/facetFilters=%257B%257D/pageNumber=1/itemsPerPage=25.

Notarnicola ,C., Duguay,M., Moelg ,N., Schellenberger ,T.,Tetzlaff ,A., Monsorno ,R., Costa ,A., Steurer ,C., Zebisch,M.(2013). ***Snow Cover Maps from MODIS Images at 250 m Resolution, Part 1: Algorithm Description***, Remote Sens, and 5,110-126, DOI: 10.3390/rs5010110.

Poggio, L., Gimona, A. (2015).***Sequence-based mapping approach to spatio-temporal snow patternsfrom MODIS time-series applied to Scotland***, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 34, pp. 122–135.

Riggs, G.A., Hall, D.K., Salomonson, V.V. (2006). ***MODIS Snow Products User Guide to Collection 5***, November 2006**.**

Shrestha, M., Wang, L., Koike, T., Tsutsui, H., Xue, Y., Hirabayashi, Y. (2014).***Correcting basin-scale snowfall in a mountainous basin using a distributed snowmelt model and remote-sensing data***, Hydrol. Earth Syst. Sci., 18, 747–761.

Shrestha, M., Wang, S.L., Koike, T., Xue, Y., Hirabayashi, Y. (2012). "***Modeling the Spatial Distribution of Snow Cover in the Dudhkoshi Region of the Nepal Himalayas***, Journal of climate, 13, 204-222.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.4.6]

Sirguey, P., Mathieu, R., Arnaud, Y. **(**2009). ***Subpixel monitoring of the seasonal snow cover with MODIS at 250 m spatial resolution in the Southern Alps of New Zealand: Methodology and accuracy assessment***, Remote Sensing of Environment ,113,160–181.

She, J., Zhang, Y., Li, X., and Feng, X. (2015). ***Spatial and Temporal Characteristics of Snow Cover in the Tizinafu Watershed of the Western Kunlun Mountains***, Remote Sens. 7,3426-3445; DOI:10.3390/rs 70403426.

Sirguey, P., Mathieu, R., Arnaud, Y., Khan, M.M., and Chanussot, J. (2008) . ***Improving MODIS Spatial Resolution for Snow Mapping Using Wavelet Fusion and ARSIS Concept***, IEEE Geoscience and remote sensing letters, 5(1), 78-82.

Sirguey, P., Arnaud, Y., Khan, M.M. (2007***). Improved Resolution for the Detection of Snow with MODIS Using WA let Fusion***, IEEE1-4244-1212-9/07/25, 3975-3978.

Tong, S. J. D´ery, and P. L. Jackson. (2009).***Topographic control of snow distribution in an alpine watershed of western Canada inferred from spatially-filtered MODIS snow products***, Hydrol. Earth Syst. Sci. 13, 319–326.

Wang, X., Xie, H. (2009***). New methods for studying the spatiotemporal variation of snow cover based on combination products of MODIS Terra and Aqua***. J. Hydrol. , 371, pp.192–200.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.4.6]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.4.6]
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]