

Determination of Snowline using satellite and meteorological data in North Khorasan

Faranak Bahrami   ¹ | Ebrahim Fatahi  ² | Abas Rangbar Sadatabadi  ²
Mahdi Rahnama  ³

1 -Research Expert, Research Institute of Meteorology and Atmospheric Science (RIMAS)

2 -Associate Professor, Research Institute of Meteorology and Atmospheric Science (RIMAS)

3- Assiistant Professor, Research Institute of Meteorology and Atmospheric Science (RIMAS)

Article Info:

Article type:
Research Article

history:

Received:

2022/10/26

Received:

2023/1/6

Accepted:

2023/2/8

Published:

2023/1/5

Keywords:

Snow line, Modis,
Isotherm, North
Khorasan

Abstract: Snow cover represents the amounts of water accumulated in the mountainous area. Therefore, spatial and temporal monitoring of areas with snowfall potential is of the great importance for predicting snowmelt, runoff and forecasting. North Khorasan province is one of the most important snowy area of the country which plays a crucial role in the feeding surface currents. Thus, in this study, in order to determine the areas with maximum snowfall potential, optical satellite images were used to identify the snow line and snow cover in region. For this purpose, we used the daily production of MODIS snow cover as MOD10A2 to determine the snow cover values during 2006-2015. The abovementioned information was obtained in HDF format via FTP from MODIS Satellite Data Retention and Distribution Center, Reverb. In the following, initial processes were performed and daily surface temperature extracted. To specify the zero-degree (3-degree) isometric line, areas with the surface temperature of zero or less than zero (with 3 or less than 3) Celsius degrees were identified. Results showed that Central and Eastern half of region are the major snow-prone areas for the all three winter months (December, January and February), with the highest average of snowfall potential in January with an average of 926 pixels (230,000km²), 728 (180,185km²) in December and 569 (141,000) in February, respectively. Also the zero-degree trend line reveals the decreasing trend for January and December, while for February did not show much changes. In addition, for three-degree isotherm, the trend line showed increasing values in snowy pixels.

Cite this article: Bahrami, F, Fatahi, E, Rangbar Sadatabadi, A, Rahnama, M(2023). Determination of Snowline using satellite and meteorological data in North Khorasan. *Climat Change and Climat Disasters*, 2(3), 215-244.

© The Author(s).

Homepage: cccd.znu.ac.ir

Publisher: University of Zanjan





دانشگاه زنجان

دگرگونی‌ها و مخاطرات آب‌وهوایی

شاپا چاپی: ۰۵۵۱-۲۷۸۳

تعیین دامنه خط برف با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و هواشناسی در استان خراسان شمالی

فرانک بهرامی ۱ | ابراهیم فتاحی ۲ | عباس رنجبر سعادت آبادی ۲ | مهدی رهنما ۳

۱. کارشناس پژوهشی، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو
۲. دانشیار، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو
۳. استادیار، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو

چکیده: در این تحقیق به منظور تعیین دامنه خط برف و پوشش برفی در استان خراسان شمالی جهت تعیین مناطق با بیشترین پتانسیل بارش برف از تصاویر ماهواره‌ای اپتیکال استفاده شده است. بدین جهت تولیدات سطح پوشش برف روزانه سنجنده مودیس رای تعیین گستره سطح پوشش برف با عنوان MOD10A2 به فرمت HDF تهیه و از طریق FTP از مرکز نگهداری و توزیع داده‌های ماهواره‌ای مودیس، Reverb دریافت گردید. پس از فرایندهای اولیه اطلاعات مربوط به دمای روزانه سطح استخراج شد. سپس جهت تعیین خط همدمای صفر درجه، پیکسل‌هایی که دمای سطح آنها صفر و کمتر از صفر درجه سلسیوس و برای خط ۳ درجه پیکسل‌هایی که دمای سطح آنها بیش از صفر و کمتر از ۳ درجه است به عنوان پیکسل‌های سه درجه تعیین گردید. نتایج نشان داد که مرکز و نیمه شرقی منطقه در هر سه ماه زمستانی مستعدترین مناطق برای بارش برف هستند. که به ترتیب ماه ژانویه با میانگین ۹۲۶ (۲۳۰/۰۰۰ کیلومتر مربع)، ماه دسامبر ۷۲۸ (۱۸۵/۱۸۵ کیلومتر مربع) و ماه فوریه ۵۶۹ پیکسل برفی (۱۴۱/۰۰۰ کیلومتر مربع) به ترتیب بیشترین پتانسیل بارش برف در منطقه را دارند. همچنین روند تغییرات پیکسل‌های صفر درجه در ماه‌های ژانویه و دسامبر نزولی و در ماه فوریه تقریباً ثابت است. در حالی که برای پیکسل‌های سه درجه در ماه‌های ژانویه و فوریه صعودی و برای ماه دسامبر ثابت است.

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۱/۸/۴

بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۱۶

پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۹

انتشار: ۱۴۰۲/۳/۱۵

واژگان کلیدی:

خط برف، مودیس، خط همدمای خراسان شمالی

استناد: بهرامی، فرانک، فتاحی، ابراهیم، رنجبر سعادت آبادی، عباس، رهنما، مهدی (۱۴۰۲). تعیین دامنه خط برف با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و هواشناسی در استان خراسان شمالی. دگرگونی‌ها و مخاطرات آب و هوایی، ۲(۳)، ۲۱۵-۲۴۴.
© نویسندگان .

Homepage: cccd.znu.ac.ir

ناشر: دانشگاه زنجان.



مقدمه

برف یکی از اشکال مهم بارش در مناطق کوهستانی می‌باشد که در تأمین آب آشامیدنی و کشاورزی نقش ارزنده‌ای ایفا می‌کند. از سوی دیگر رواناب حاصل از ذوب برف منبع اصلی تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی می‌باشد. برآورد خط برف به عنوان یکی از عملیات محوری و اساسی در زمینه مدیریت منابع آب بویژه در مناطقی که بارش برف سهم زیادی در نزولات جوی دارد محسوب می‌شود. بیشتر مناطق برف‌گیر در ارتفاعات کوهستانی واقع شده‌اند و در این مناطق شبکه ایستگاه‌های دیدبانی و اندازه‌گیری به دلیل عدم وجود شبکه‌ای منسجم از ایستگاه‌های اندازه‌گیری و همچنین محدود بودن دفعات برداشت در سال برای تهیه نقشه‌های خط برف، پوشش‌برفی و همچنین برآورد آب معادل آن به تنهایی توسعه رضایت بخشی ندارند، لذا کاربرد داده‌های سنجش از دور به منظور دستیابی به اطلاعات دقیقتری از سطح پوشش برف و نحوه پراکندگی آنها به دلیل قدرت

تفکیک زمانی و مکانی بالا و امکان پردازش رقومی آنها اجتناب ناپذیر است. با مطرح شدن مزایای کاربرد ماهواره در تعیین خط برف و توزیع مکانی و زمانی پوشش برف و دیگر ویژگی‌های آن در بیستمین اجلاس ۱ WMO افقی جدید در مطالعات برف در سطح جهان گشود شد و با ورود داده‌های میکروویو از اوایل سال ۱۹۷۰ برای پهنه‌بندی، تعیین خیزی و عمق آب معادل برف SWE^۲ ادامه پیدا کرد (الباقی ۳ و همکاران، ۱۹۸۰). اما شاید یکی از بزرگترین گامها در جهت اندازه‌گیری پوشش برف و کمی کردن میزان بازتابش با آغاز بکار ماهواره لندست و سنجنده‌های MSS و TM برداشته شد (رنگو و مارتین^۴، ۱۹۸۲). زیرا بازتابش برف تازه در ناحیه باندهای مرئی بسیار بالا است و این بازتابش با افزایش اندازه ذرات برف به خصوص در طیف مادون قرمز نزدیک کاهش می‌یابد (چودری^۵، ۱۹۸۱ و وارن^۶، ۱۹۸۲). با بهره‌گیری از این ویژگی، فاستر^۷ در سال ۱۹۸۲ عمق

4- Rango and Martinec
5- Choudhury
6- Warren
7- Foster

1- World Meteorological
Organisation
2- Snow Water Equivalent
3- Ulaby

(۱ سال) نشان داد که: با مقایسه تولیدات روزانه مودیس با اندازه گیری های اسنوتل و نوهرت ۹ مشخص شد که تولیدات روزانه مودیس عموماً سطح پوشش برف را در بخش های بالاتر حوضه و با دقتی بالاتر از داده های پوشش برف بدست آمده از نوهرت نشان می دهد. همچنین داده های روزانه مودیس در جنگل های متراکم دارای خطای بالاتر می باشد. بعلاوه داده های روزانه برف مودیس برای جنگلها مقادیر بیشتری و در مناطق عاری از جنگل مقادیر کمتری از برف را در مقایسه با داده های نوهرت نشان می دهند. بطور کلی از ویژگی مهم تصاویر مودیس بازتاب بالای برف در طیف مرئی است اما مسئله ای که در کاربرد طیف مرئی مطرح است حذف پوشش برف بوسیله ابر و پوشش گیاهی است که به کمک تعریف الگوریتم برف سنجی و تعیین شاخص $10NDSI$ در این تصاویر انجام می پذیرد (وانگ ۱۱

برف و آب معادل برف را تعیین کرد اما بتدریج با ورود سنجنده مودیس ، با داشتن ۳۶ باند طیفی و قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر برای باندهای ۱ و ۲، ۵۰۰ متر برای باندهای ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ و ۱۰۰۰ متر برای باندهای ۸ تا ۳۶ تحول قابل ملاحظه ای در کیفیت نقشه های برف بوجود آورد. (تانگ ۱ و همکاران، ۲۰۰۹؛ ژانگ ۲، ۲۰۰۳؛ هال ۳ و همکاران، ۲۰۰۱). وجود باندهای زیاد و قدرت تفکیک مکانی، روند تهیه نقشه های پوشش برف را بهبود بخشید (ریگز ۴ و همکاران، ۲۰۰۶). در سال برفی ۲۰۰۱-۲۰۰۰، مقایسه جامعی بین تولیدات روزانه پوشش برف مودیس با داده های بدست آمده از سنجنده (AVHRR) که توسط بخش هیدرولوژی در مرکز ملی سنجش از دور ۵ تولید می گردد و اندازه گیری های زمینی ۶ در حوضه رودخانه آپر ریو گرند ۷ انجام گردید (کلین و بارنت ۸، ۲۰۰۳)، نتایج این ارزیابی ها برای دوره های کوتاه مدت

6- Snow Telemetry
۷- Upper Rio Grande
8- Klein & Barnett
16- SNOTE & NOHRSC
10- Normalized-difference snow index
11- Wang

1- Tong
2- Zhang
3- Hall
4- Riggs
5- National Operational Hydrologic Remote Sensing Center

و همکاران، ۲۰۰۸؛ یلنگ و همکاران، ۲۰۰۹). الگوریتم‌های استفاده شده در تولید این نقشه‌ها از طیف‌های انعکاس یافته در باندهای ۴ و ۶ برای تولید شاخص نرمال شده برف (NDSI) استفاده می‌کنند (هال و همکاران، ۲۰۰۲). مالچر و هیدینگر (۲۰۰۱) با استفاده از تصاویر ماهواره مودیس، سطح پوشش برف زیر حوضه‌های کشور اتریش را استخراج و با استفاده از مدل SRM رولناب ناشی از ذوب برف این حوضه‌ها را شبیه‌سازی کردند. همچنین سانگون و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس، سطح پوشش برف حوضه‌های ریوگراند را تخمین زدند و با استفاده از مدل SRM رواناب ناشی از ذوب برف این حوضه را برآورد کردند. در ایران نیز طی سال‌های اخیر استفاده از داده‌های ماهواره‌ای رشد چشمگیری داشته و بسیاری از محققان در زمینه مطالعه و برآورد سطح پوشش برف حوضه‌های کوهستانی از این راهکار بهره‌مند شده‌اند. پرهت در سال ۱۳۸۱ با انجام تغییراتی در الگوریتم سیمپسون ۳ و

همکاران (۱۹۹۸) و ترکیبی از روش‌های تحلیل آستانه‌ای و تحلیل چند طیفی، سطح پوشش برف را با استفاده از باندهای ۲، ۳ و ۴ سنجنده AVHRR ماهواره NOAA برای حوضه کارون استخراج کرد. قنبرپور در سال ۱۳۸۱ چگونگی تعیین سطح پوشش برف به کمک داده‌های دورسنجی را تشریح و قابلیت تصاویر ماهواره‌ای NOAA در تعیین پارامترهای هیدرولوژیکی برف را در مناطق کوهستانی بررسی و کاربرد آن را در پیش‌بینی رولناب ناشی از ذوب برف مورد بررسی قرار داد. نجف زاده و همکاران در سال ۱۳۸۳، تغییرات سطح پوشش برف بخشی از حوضه‌های زاینده رود را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای NOAA بررسی کردند و برای شبیه‌سازی جریان رودخانه مدل SRM را بکار گرفتند. دینی و همکاران در سال ۱۳۸۶ به منظور بررسی سطوح برفگیر البرز مرکزی از داده‌های مودیس و AVHRR استفاده کردند. فتاحی و وظیفه دوست (۱۳۹۰)، در مطالعه‌ای به پایش سطح پوشش برف و دمای

آمده از سنجنده مودیس برای یک دوره آماری ۱۰ ساله (۲۰۰۶-۲۰۱۵) استفاده شده است.

۱. داده ها و روش ها

۱.۱. منطقه مورد مطالعه و داده ها

در بخش اول این مطالعه از داده های دمای ۴ ایستگاه سینوپتیک و ۷ ایستگاه اقلیم شناسی که دارای آمار ۱۰ ساله هستند استفاده شده است که در جدول ۱ اطلاعات ایستگاه های مورد نظر آورده شده است. میانگین ماهانه خطوط همدمای ۰ و ۳+ درجه سلسیوس طی دوره آماری بلند مدت ۱۰ ساله، در ماه های مختلف سال در ایستگاه های سینوپتیک و اقلیم شناسی تعیین و محاسبه گردید. دمای صفر درجه سلسیوس به عنوان آستانه دمایی انباشت برف بر روی زمین منظور شده است، بدین معنی که در دماهای بالای آن برف روی زمین انباشت نمی گردد و یا به سرعت ذوب می شود. داده ها از سازمان هواشناسی کشور دریافت و میانگین گیری به تفکیک ماه های مختلف سال انجام گرفت. بررسی های انجام گرفته نشان داد که در ایستگاه های مورد مطالعه میانگین ماهانه دما

سطح آن در حوضه های آبریز استان گلستان با استفاده از داده های سنجنده مودیس طی دوره آماری ۹ ساله (۲۰۰۸-۲۰۰۰) پرداختند. نتایج نشان داد با توجه به دقت زمانی و مکانی تصاویر ماهواره ای مودیس و قابل دسترس بودن، این تصاویر برای پایش سطح پوشش برف بسیار مناسب هستند. کمالی و همکاران (۱۳۹۰)، در تحقیق خود به ارزیابی سطح پوشش برف استان خراسان شمالی با استفاده از محصول MOD10A2 تصاویر سنجنده مودیس از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ پرداختند و پس از مقایسه با داده های ایستگاه سینوپتیک بجنورد به این نتیجه رسیدند که راستی آزمایی تصاویر ماهواره ای با داده های ایستگاه سینوپتیک حداقل در سطح ۱ درصد معنی دار می باشد. بررسی نتایج مطالعات انجام شده حاکی از قابلیت بالای پردازش تصاویر ماهواره ای در زمینه برآورد سطح پوشش برف حوضه های کوهستانی و مناطق برف گیر است، در این تحقیق به منظور پایش دامنه خط برف در استان خراسان شمالی از دو سری داده های زمینی سازمان هواشناسی و ماهواره ای بدست

Spline Arc GIS درون‌یابی به روش

محاسبه و کنتورهای همدمای صفر و

سه درجه سلسیوس ترسیم گردید.

تنها در سه ماه سرد زمستان (دسامبر،

ژانویه و فوریه) کمتر از ۳+ درجه

سلسیوس بوده است. در آخر به منظور

تهیه خطوط همدمای، در محیط نرم افزار

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	کد ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع
برزل آباد	۱۸۲۰۳	۵۸/۱۶	۳۷/۳۳	۱۱۸۷
دشت	۱۸۲۲۴	۵۶	۳۷/۳۱	۱۰۰۸
دشت گلستان (کالپوش)	۱۸۲۲۲	۵۶/۰۲	۳۷/۲۸	۱۰۰۰
نوده چناران	۱۸۱۹۵	۵۷ و ۵۸	۳۷/۴	۱۳۵۰
پیش قلعه	۱۸۱۲۳	۵۶/۹۹	۳۷/۶۵	۶۴۴
تحیقات دیم شمال	۱۸۱۳۳	۵۸/۱۲	۳۷/۴۲	۱۱۳۱
تنگ ترکمن	۱۸۱۰۲	۵۶/۹۲	۳۷/۹۴	۹۹۴
بجنورد	۴۰۷۲۳	۵۷/۳	۳۷/۴۹	۱۰۶۵
اسفراین	۹۹۲۸۷	۵۷/۴۸	۳۷/۰۵	۱۲۱۶
جاجرم	۹۹۲۹۵	۵۶/۳۳	۳۶/۹۵	۹۸۴
مانه و سملگان	۹۹۲۶۲	۵۶/۸۶	۳۷/۵۱	۸۹۰

آستانه ریزش برف است (فتاحی،

۱۳۷۷) اقدام به ترسیم و بررسی

خطوط همدمای صفر و ۳ درجه برای

برآورد خط برف گردید. با توجه به

محدود بودن تعداد ایستگاههای

دماسنجی در منطقه مورد مطالعه،

برآورد خطوط همدمای صفر و سه

درجه سلسیوس به منظور تعیین خط

برف با استفاده از اطلاعات زمینی از

دقت بالایی برخوردار نمی باشد. به

همین دلیل علاوه بر برآورد خطوط

۱-۲. روش‌ها

در بخش بعدی به منظور پایش زمانی

و مکانی سطوح با پتانسیل بارش برف،

از داده‌های سنجنده مودیس با فرمت

رستری و برای یک دوره آماری ۱۰

ساله (۲۰۱۵-۲۰۰۶) با فواصل زمانی

یک ماهه و با دقت مکانی ۵۰۰ متر

جمع‌آوری گردید. در ادامه از آنجایی

که خط همدمای صفر درجه بیانگر

آستانه شروع و خط همدمای ۳ درجه

مودیس در کانال‌های ۳۱ و ۳۲ با استفاده از عکس معادله پلانک تهیه می شود. داده ای سطح B مودیس در باند های حرارتی ۳۱ و ۳۲ به صورت داده‌های رادیانس کالیبره شده ذخیره می شوند و در نتیجه داده های رادیانس توسط عکس معادله پلانک به دمای تابندگی تبدیل می شوند:

$$T_b = C_2 V / \ln(1 + (C_1 V^3)/E) \\ C_1 = 1.1910659 \times 10^{-5} \text{ mW}/(\text{m}^2\text{-sr-cm}^{-4}) \\ C_2 = 1.438833 \text{ (cm-K)}$$

طول موج مرکزی باند $v \text{ (cm-1)}$ = رادیانس سنجنده $(\text{mW}/(\text{m}^2\text{-sr-} E \text{ cm-1}))$

دمای تابندگی $T_b \text{ (K)}$ =

در این بخش تولیدات ماهواره‌ای دمای سطح با گام‌های زمانی ۱ ماهه طی سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵، در سه ماهه سرد سال (ژانویه، فوریه و دسامبر) با فرمت HDF استخراج گردید و پس از فرایندهای اولیه از قبیل تبدیل فرمت به تصویر، تصحیحات هندسی و کالیبره کردن، استخراج منطقه مورد مطالعه و اعمال مختصات زمینی UTM، اطلاعات مربوط به دمای روزانه سطح استخراج شد. در ادامه جهت تعیین خط همدمای صفر درجه، پیکسل‌هایی

همدمای صفر و سه درجه با استفاده از داده های دماسنجی، داده‌های ماهواره های مودیس استخراج و مورد استفاده قرار گرفت. در تولید داده‌های ماهواره‌ای دمای سطح زمین از الگوریتم های مختلفی استفاده می شود که می توان به الگوریتم Price که بسیار مشهور می باشد اشاره نمود. در این الگوریتم دمای سطح برف نیز با استفاده از باند های حرارتی ۳۱ و ۳۲ MODIS و با بکارگیری رابطه ارائه شده توسط Price (1984) محاسبه می شود:

$$T_s = T_{b31} + 1.8(T_{b31} - T_{b32}) + 48(1 - \varepsilon) - 75\Delta\varepsilon \quad (1)$$

که در این معادله:

T_s دمای سطح برف به کلوین
 $T_{b31,32}$ دمای تابندگی در بلندهای حرارتی ۳۱ و ۳۲ به کلوین می باشد.
 ε و $\Delta\varepsilon$ به ترتیب متوسط و تفاضل قابلیت انتشار سطحی (surface emissivity) می باشند که از رابطه های زیر با داشتن شاخص گیاهی NDVI محاسبه می گردند:

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_{31} + \varepsilon_{32}}{2} \\ \varepsilon_{31} = 0.9897 + 0.029\ln(NDVI) \\ \Delta\varepsilon = \varepsilon_{31} - \varepsilon_{32} \\ = 0.01019 + 0.01344\ln(NDVI)$$

در معادله ۱ دمای تابندگی از تبدیل داده‌های سطح 1B بلندهای حرارتی

که دمای سطح آنها صفر و کمتر از صفر درجه سلسیوس (۲۷۳ درجه کلونین) و برای خط ۳ درجه پیکسل هایی که دمای سطح آنها ۳ درجه و یا کمتر است به عنوان پیکسل های سه درجه تعیین گردید.

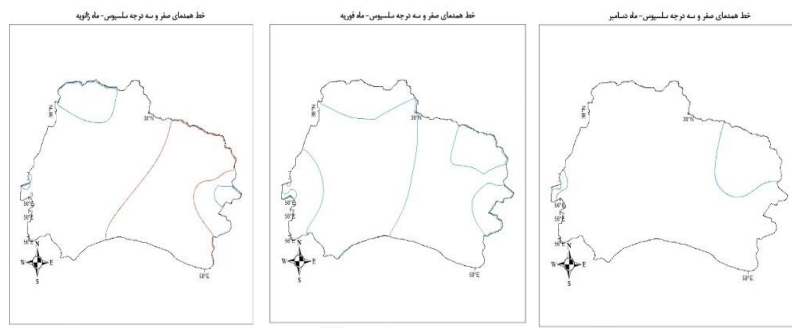
۲. یافته ها و نتایج

تعیین میانگین ماهانه خط همدمای صفر درجه سلسیوس طی سال های (۲۰۱۵-۲۰۰۶) با استفاده از داده های هواشناسی

پهنه بندی میانگین ماهانه خطوط همدمای ۰ و ۳+ درجه سلسیوس طی دوره آماری ده ساله در ماه های ژانویه، فوریه و دسامبر در ایستگاه های سینوپتیک و اقلیم شناسی استان خراسان شمالی در شکل ۱ نشان داده شده است. خطوط قرمز خط همدمای صفر درجه و خطوط آبی خط همدمای ۳ درجه سلسیوس را نشان می دهند. بیشترین گستردگی خط صفر درجه در ماه ژانویه (۱۱ دی ماه تا ۱۰ بهمن ماه) در مناطق شرقی وجود دارد. بنابراین ایستگاه های واقع در شرق خراسان شمالی (دشت گلستان، نوده چناران و تحقیقات دیم شمال) بطور کلی ژانویه

سردتری را نسبت به غرب داشته اند. ایستگاه های برزل آباد، دشت و تنگ ترکمن تحت پوشش خط همدمای ۳ درجه سلسیوس بوده و دیگر مناطق از جمله بجنورد، اسفراین، جاجرم و مانه و سملگان بطور میانگین دمای بالاتر از ۳ درجه سلسیوس را تجربه کرده اند. مطابق با بررسی های انجام شده میانگین دما در ماه های فوریه و دسامبر نسبت به ژانویه بیشتر بوده به گونه ای که در ماه فوریه دما از ۱/۸۵ درجه سلسیوس در ایستگاه دشت گلستان تا ۱۰/۱۹ در ایستگاه ملنه و سملگان متغیر بوده است. و از آنجایی که دماهای بالاتر از ۱ درجه تا ۳ درجه سلسیوس محدوده خط همدمای ۳ درجه محسوب گردیده در این دوره تمامی مناطق، تحت پوشش خطوط همدمای ۳ درجه و یا بالاتر بوده اند. همچنین در ماه دسامبر کمینه دما از مقدار ۲ درجه سلسیوس در ایستگاه دشت تا بیشینه مقدار ۸/۵۴ درجه سلسیوس در ایستگاه مانه و سملگان متغیر بوده است. بنابراین گرمترین ماه زمستانی برای منطقه مورد مطالعه ماه دسامبر بوده است به گونه ای که تنها گوشه شمال غرب منطقه تحت پوشش

خط همدمای ۳ درجه سلسیوس قرار داشته و دما در دیگر مناطق بالای ۳ درجه بوده است.



شکل ۱: میانگین ماهانه خط همدمای صفر و سه درجه سلسیوس در استان خراسان شمالی در ماه های ژانویه، فوریه و دسامبر (خطوط قرمز - همدمای صفر درجه و خطوط آبی - همدمای ۳ درجه سلسیوس) تعیین میانگین ماهانه خط برف طی سال های (۲۰۱۵-۲۰۰۶) با استفاده از داده های ماهواره ای

گستره سطح پوشش برف به عنوان یک متغیر اقلیمی و هیدرولوژیک بسیار مهم و برای پیش بینی رواناب سطحی در سطوح برفگیر در طول فصل ذوب برف است. هر چقدر نسبت رواناب ذوب برف به کل رواناب سالانه افزایش یابد، اهمیت پایش سطح برف نیز بیشتر می شود. در این بخش، دمای خط برف با استفاده از داده های ماهواره ای مودیس برای یک دوره ۱۰ ساله جهت تعیین مناطق با پتانسیل بارش برف تخمین زده شد. در ارتفاعات این منطقه در فصل سرد بخش عمده ای از بارش ها بصورت برف است، بنابراین آب حاصل از ذوب برف نقش درخور توجهی را در ایجاد رواناب سطحی و وقوع سیل ایفا می کند. همچنین از آنجایی که بارش برف معرف میزان آب ذخیره شده در حوضه است، پایش مکانی و زمانی سطوح برفی از اهمیت بالایی در مدل های هیدرولوژیکی بکار رفته در سامانه هشدار سیل دارد. در این بخش با استفاده از نقشه دمای بدست آمده، مناطق مستعد بارش برف (مناطق تحت پوشش پیکسل های دمای صفر و سه درجه سلسیوس) برای فصل زمستان در منطقه تعیین گردید.

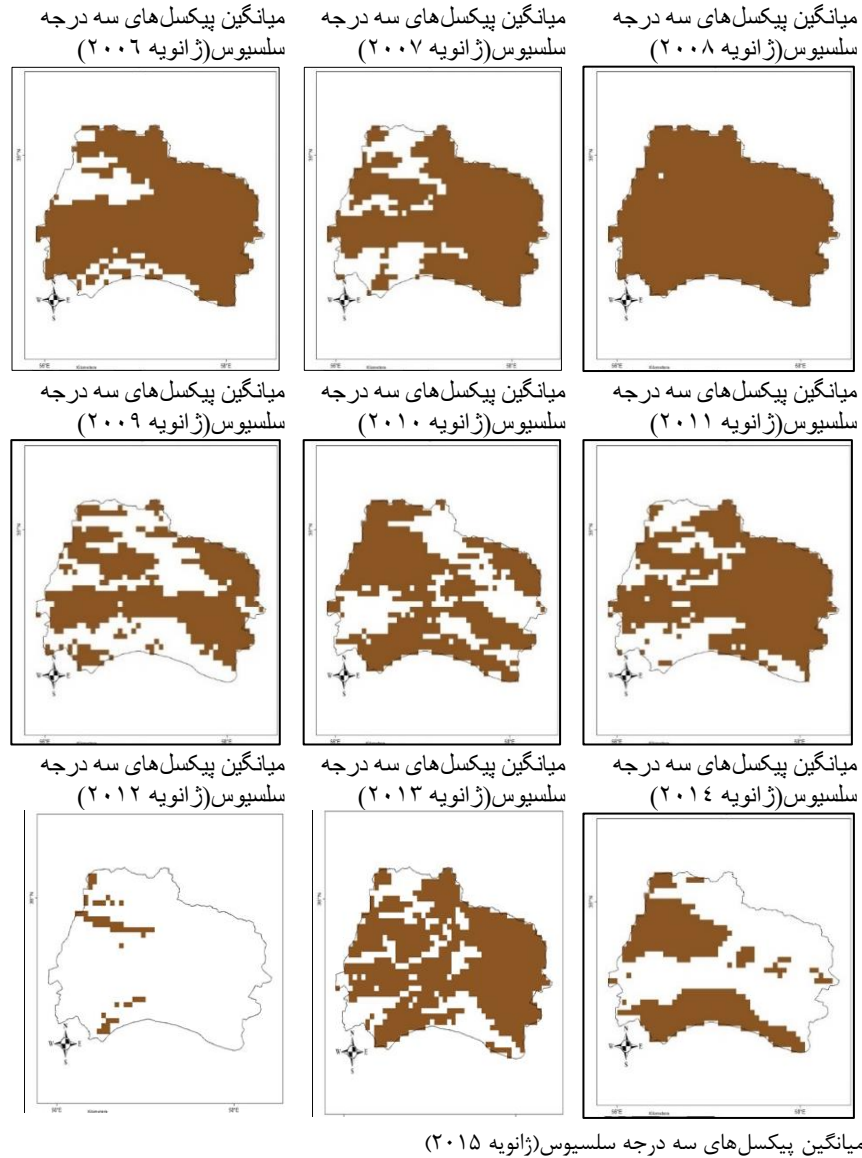
شکل ۲ و شکل ۳ مناطق تحت پوشش پیکسل‌های صفر و سه درجه سلسیوس را برای ماه‌های دسامبر (۱۱ آذر تا ۱۰ دی)، ژانویه (۱۱ دی تا ۱۰ بهمن) و فوریه (۱۱ بهمن تا ۱۰ اسفند) برای دوره ۱۰ ساله ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ نشان می‌دهند. پیکسل‌های سفید در هر شکل نشان دهنده مناطق تحت پوشش خط همدمای صفر و یا سه درجه سلسیوس می‌باشند. مطابق با بررسی‌های انجام گرفته، بیشترین و کمترین مناطق تحت پوشش پیکسل‌های صفر درجه در ماه ژانویه به ترتیب در سال ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰ بوده است که این مقادیر ۱۱۴۸ پیکسل (۲۸۷،۰۰۰ کیلومتر مربع) در سال ۲۰۰۸ و ۲۲۶ پیکسل (۵۶،۵۰۰ کیلومتر مربع) در سال ۲۰۱۰ می‌باشد. در دیگر سال‌ها مقادیر پیکسل‌های صفر درجه در این بازه متغیر بوده‌اند. نکته مهم دیگر در تمامی شکل‌ها قرار

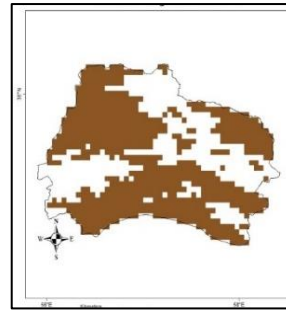
گیری نیمه شرقی منطقه در محدوده پیکسل‌های صفر درجه در تمامی سال‌ها می‌باشد. بیشترین نوسان دمای سه درجه در ماه ژانویه از سال ۲۰۰۸ به ۲۰۰۹ رخ داده است. در سال ۲۰۰۸ تنها دو پیکسل دمای سه درجه وجود داشته در حالی که سال ۲۰۰۹ افزایش چشمگیری در مناطق تحت پوشش پیکسل‌های ۳ درجه (بیش از ۵۰۰ واحد) وجود داشته است. بنابراین مطابق با نتایج بدست آمده در ژانویه سال ۲۰۰۸ تقریباً تمام مناطق را پیکسل‌های صفر درجه پوشش داده و کل استان در این ماه پتانسیل بارش برف را، به دلیل قرارگیری در محدوده خطوط همدمای ۳ و کمتر از ۳ درجه سلسیوس داشته است. از سال ۲۰۰۹ به بعد نوسانات دمایی در خط همدمای ۳ درجه ملایمتر بوده یا تغییرات کاهشی / افزایشی متوالی را نشان می‌دهد.

میانگین پیکسل‌های صفر درجه سلسیوس (ژانویه ۲۰۰۸) میانگین پیکسل‌های صفر درجه سلسیوس (ژانویه ۲۰۰۷) میانگین پیکسل‌های صفر درجه سلسیوس (ژانویه ۲۰۰۶)



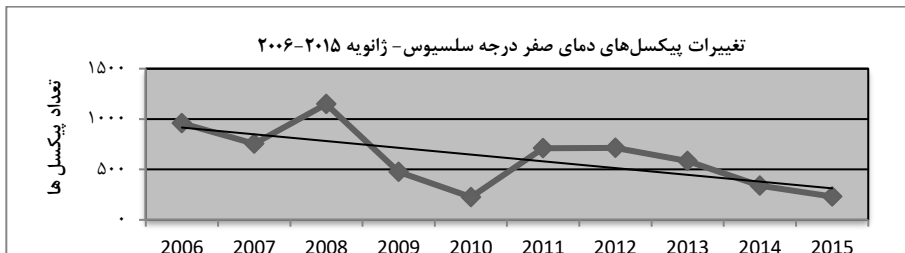
شکل ۲: میانگین ماهانه پیکسل های صفر درجه سلسیوس در ماه ژانویه طی سال های (۲۰۰۶-۲۰۱۵)



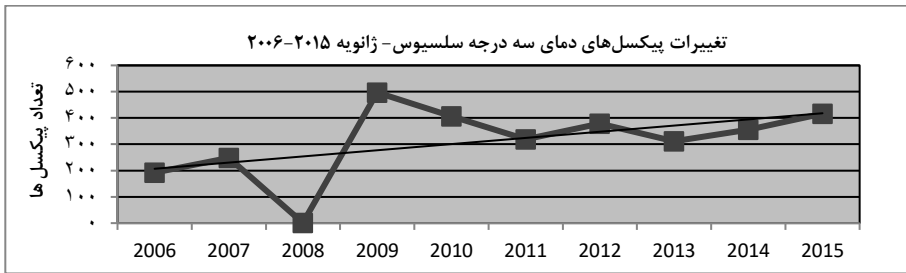


شکل ۳: میانگین ماهانه پیکسل های سه درجه سلسیوس در ماه ژانویه طی سال های (۲۰۰۶-۲۰۱۵) بیشترین مناطق تحت پوشش پیکسل های سه درجه سلسیوس نیز به ترتیب مربوط به سال های ۲۰۰۹، ۲۰۱۵ و ۲۰۰۸ است. خط روند بطور کلی نشان می دهد که در میانگین ۱۰ ساله ژانویه خط همدمای صفر درجه روند نزولی و در مقابل خط همدمای ۳ درجه سلسیوس روند صعودی دارد. بدین معنی که در این دوره محدوده تحت پوشش پیکسل های صفر درجه سلسیوس با گذشت زمان کاهش و محدوده تحت پوشش پیکسل های ۳ درجه افزایش یافته است (شکل ۵).

شکل ۴ تغییرات پیکسل های خطوط صفر درجه سلسیوس را در ماه ژانویه طی سال های ۲۰۰۶-۲۰۱۵ میلادی را نشان می دهد. بیشترین مناطق تحت پوشش پیکسل های صفر درجه سلسیوس در ماه ژانویه به ترتیب مربوط به سال های ۲۰۰۸، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ بوده است. همچنین به ترتیب در سال های ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۴ محدوده بیشینه مناطق تحت پوشش پیکسل های صفر درجه کمتر از ۴۰۰ واحد بوده است. نکته دیگری که در شکل ۴ مشاهده می گردد روند نزولی خط برف از سال ۲۰۱۲ به بعد است.



شکل ۴: تغییرات پیکسل های دمای صفر درجه سلسیوس در ماه ژانویه



شکل ۵: تغییرات پیکسل‌های دمای سه درجه سلسیوس در ماه ژانویه

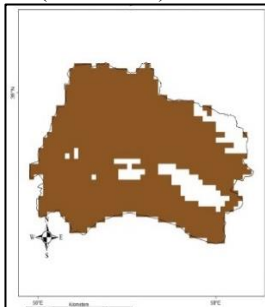
بررسی میانگین ماهانه خط همدمای صفر درجه سلسیوس در ماه فوریه نشان داد که سال ۲۰۱۳ از میان سال‌های تحت بررسی کمترین و سال ۲۰۱۲ بیشترین محدوده تحت پوشش خط همدمای صفر درجه را دارا هستند. تعداد پیکسل‌های همدمای صفر درجه در سال ۲۰۱۲ بیش از ۸۰۰ پیکسل معادل ۲۰۰،۰۰۰ کیلومتر مربع است. در حالی که در سال ۲۰۱۳ این عدد تنها حدود ۱۰۰ پیکسل، معادل ۲۵،۰۰۰ کیلومتر مربع است. بدین معنی که در فوریه سال ۲۰۱۲ عمده مناطق تحت بررسی در محدوده دامنه خط برف صفر درجه که در این مطالعه محدوده دمایی کمتر از ۱ درجه در نظر گرفته شده است قرار دارند که این محدوده دربرگیرنده کل نیمه شرقی، مرکز و شمال استان است و دیگر مناطق (بخش‌هایی از جنوب، جنوب غرب و غرب) در خارج از این محدوده قرار دارند. بطور کلی در ماه فوریه طی دوره مورد مطالعه نوسانات خط همدمای صفر درجه از سالی به سال دیگر بسیار متغیر بوده است. مطابق با شکل ۶ در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۰۸، عمده مناطق تحت پوشش پیکسل همدمایی صفر درجه (بیش از ۸۰۰ پیکسل) هستند. در سال ۲۰۱۱ تقریباً نیمی از استان (مرکز، شمال، بخشی از غرب و نیمه شرقی) تحت پوشش پیکسل‌های برفی صفر درجه هستند و در دیگر سال‌ها این عدد به کمتر از ۳۰۰ پیکسل معادل ۷۵،۰۰۰ کیلومتر مربع رسیده است. بیشترین نوسان از سال ۲۰۱۲ به ۲۰۱۳ رخ داده که در این سال به کمترین مقدار رسیده است و پس از آن در سال‌های بعد با نوسان کمتری در حال افزایش بوده است. شکل ۷ بوضوح نشان می‌دهد که در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۰۸ مناطقی که متأثر از خط همدمای صفر درجه

بررسی میانگین ماهانه خط همدمای صفر درجه سلسیوس در ماه فوریه نشان داد که سال ۲۰۱۳ از میان سال‌های تحت بررسی کمترین و سال ۲۰۱۲ بیشترین محدوده تحت پوشش خط همدمای صفر درجه را دارا هستند. تعداد پیکسل‌های همدمای صفر درجه در سال ۲۰۱۲ بیش از ۸۰۰ پیکسل معادل ۲۰۰،۰۰۰ کیلومتر مربع است. در حالی که در سال ۲۰۱۳ این عدد تنها حدود ۱۰۰ پیکسل، معادل ۲۵،۰۰۰ کیلومتر مربع است. بدین معنی که در فوریه سال ۲۰۱۲ عمده مناطق تحت بررسی در محدوده دامنه خط برف صفر درجه که در این مطالعه محدوده دمایی کمتر از ۱ درجه در نظر گرفته شده است قرار دارند که این محدوده دربرگیرنده کل نیمه شرقی، مرکز و شمال استان است و دیگر مناطق (بخش‌هایی از جنوب، جنوب غرب و غرب) در خارج از این محدوده

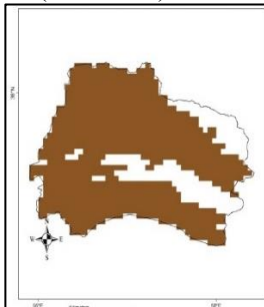
آمده است. نکته دیگر در این دوره روند کاهشی دما (روند افزایشی پیکسل های صفر و سه درجه سلسیوس) از سال ۲۰۱۳ به بعد می باشد (شکل ۸ و ۹). همانگونه که خط روند نشان می دهد، خط همدمای صفر درجه از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ تغییرات چندانی نداشته ولی خط همدمای ۳ درجه روند افزایشی داشته است.

نیستند، تحت پوشش خط همدمای ۳ درجه می باشند. بنابراین در این دو سال کل منطقه تحت پوشش خطوط همدمای ۳ و کمتر از ۳ درجه سلسیوس بوده است و دو ماه فوریه بسیار سرد با پتانسیل بالای بارش برف در این دو سال تجربه شده است. در مقابل سال های ۲۰۱۳، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ حداقل محدوده تحت پوشش خطوط همدمای پتانسیل بارش برف بدست

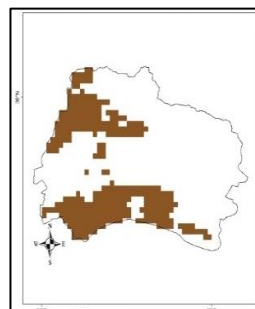
میانگین پیکسل های صفر درجه
سلسیوس (فوریه ۲۰۰۶)



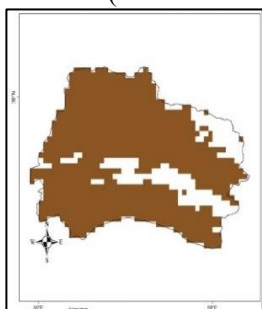
میانگین پیکسل های صفر درجه
سلسیوس (فوریه ۲۰۰۷)



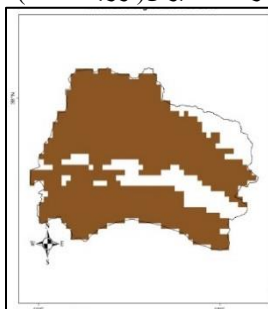
میانگین پیکسل های صفر
درجه سلسیوس (فوریه
۲۰۰۸)



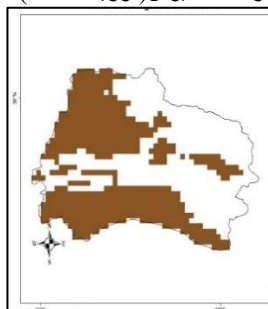
میانگین پیکسل های صفر
درجه سلسیوس (فوریه
۲۰۰۹)



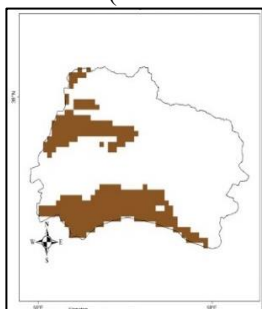
میانگین پیکسل های صفر
درجه سلسیوس (فوریه ۲۰۱۰)



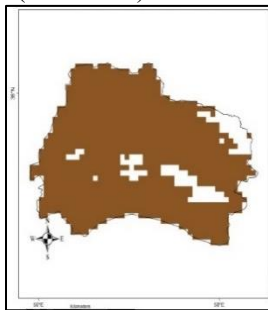
میانگین پیکسل های صفر
درجه سلسیوس (فوریه ۲۰۱۰)



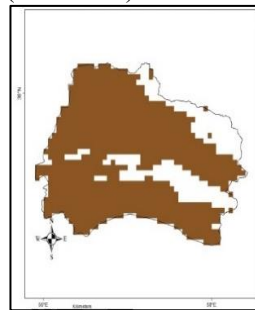
میانگین پیکسل های صفر
درجه سلسیوس (فوریه
۲۰۱۲)



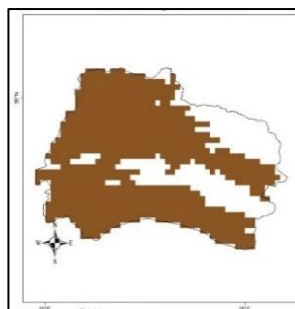
میانگین پیکسل های صفر
درجه سلسیوس (فوریه ۲۰۱۳)



میانگین پیکسل های صفر
درجه سلسیوس (فوریه ۲۰۱۴)

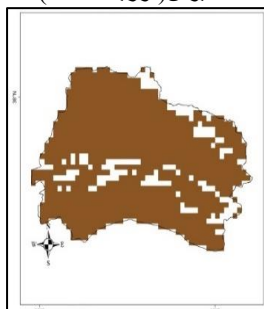


میانگین پیکسل های صفر درجه سلسیوس (فوریه ۲۰۱۵)

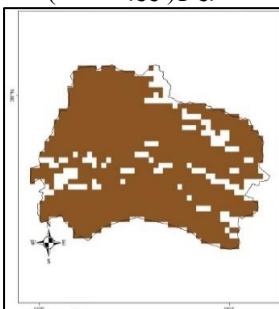


شکل ۶: میانگین ماهانه پیکسل های صفر درجه سلسیوس در ماه فوریه طی سال های (۲۰۰۶-۲۰۱۵)

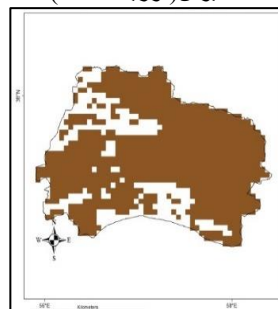
میانگین پیکسل های سه درجه سلسیوس (فوریه ۲۰۰۶)



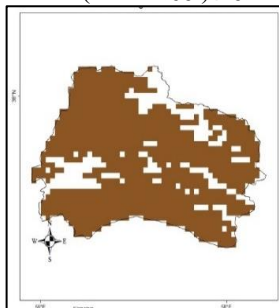
میانگین پیکسل های سه درجه سلسیوس (فوریه ۲۰۰۷)



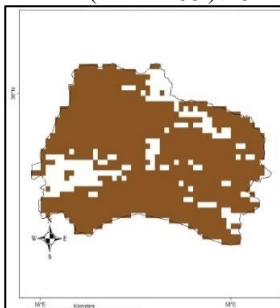
میانگین پیکسل های سه درجه سلسیوس (فوریه ۲۰۰۸)



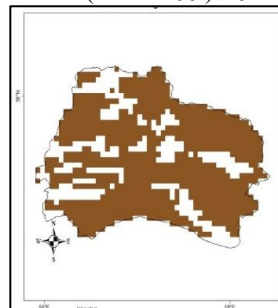
میانگین پیکسل های سه درجه سلسیوس (فوریه ۲۰۰۹)



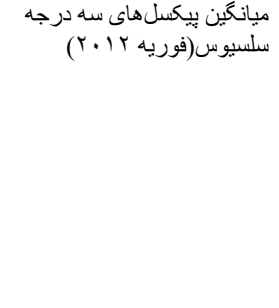
میانگین پیکسل های سه درجه سلسیوس (فوریه ۲۰۱۰)



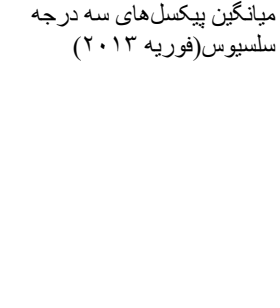
میانگین پیکسل های سه درجه سلسیوس (فوریه ۲۰۱۱)



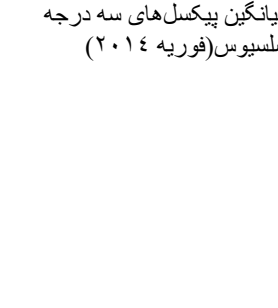
میانگین پیکسل های سه درجه سلسیوس (فوریه ۲۰۱۲)

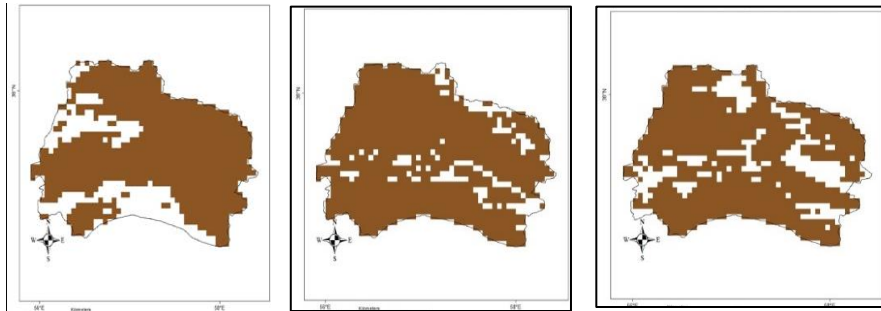


میانگین پیکسل های سه درجه سلسیوس (فوریه ۲۰۱۳)

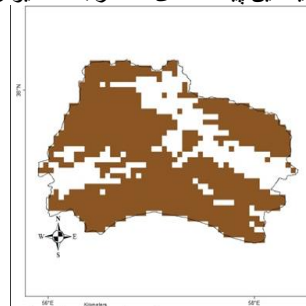


میانگین پیکسل های سه درجه سلسیوس (فوریه ۲۰۱۴)





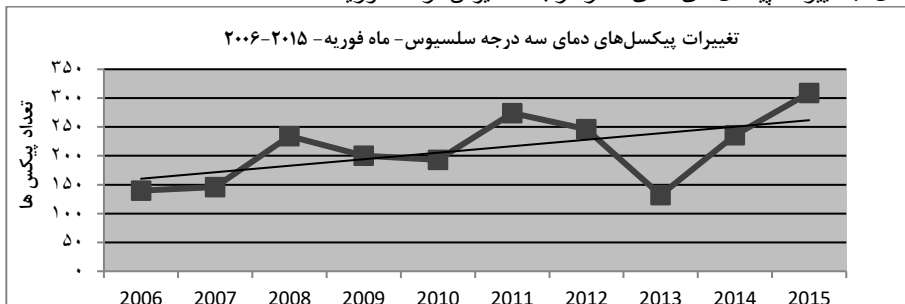
میانگین پیکسل های سه درجه سلسیوس (فوریه ۲۰۱۵)



شکل ۷: میانگین ماهانه پیکسل های سه درجه سلسیوس در ماه فوریه طی سال های (۲۰۰۶-۲۰۱۵)



شکل ۸: تغییرات پیکسل های دمای صفر درجه سلسیوس در ماه فوریه



شکل ۹: تغییرات پیکسل های دمای سه درجه سلسیوس در ماه فوریه

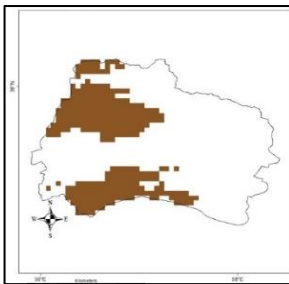
در ماه دسامبر نوسانات توزیع خط برف از سالی به سال دیگر نسبت به دو ماه دیگر شدیدتر است. به گونه‌ای که دسامبر سال ۲۰۰۶ به عنوان سردترین دوره بیش از ۸۰۰ پیکسل همدمای صفر درجه (۲۰۰.۰۰۰ کیلومتر مربع) بدست آمده است. در حالی که در گرمترین دوره، یعنی در سال ۲۰۱۰ تقریباً تمام استان تحت پوشش دمای بالاتر از خط همدمای صفر درجه است و تنها ۴ پیکسل برفی صفر درجه (۱۰۰۰ کیلومتر مربع) در این سال بدست آمده است (شکل ۱۰). بیشترین نوسان کاهشی از سال ۲۰۰۷ به ۲۰۰۸ و بیشترین نوسان افزایشی در سال ۲۰۱۰ به ۲۰۱۱ رخ داده است. در سال ۲۰۰۸ بیش از ۴۵۰ پیکسل (۱۱۲.۵۰۰ کیلومتر مربع) کاهش و از سال ۲۰۱۰ به ۲۰۱۱، حدود ۵۰۰ پیکسل معادل ۱۲۵.۰۰۰ کیلومتر مربع افزایش بدست آمده است. نکته دیگر در این دوره روند کاهشی بسیار شدید تعداد پیکسل‌ها از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۰ است، همچنین دامنه نوسانات خط صفر درجه از سال ۲۰۱۱ به بعد ضعیف‌تر بوده و تغییرات افزایشی، کاهشی متوالی را نشان می‌دهد (شکل ۱۲). برای خط همدمای ۳ درجه سلسیوس نوسانات خط همدمای نسبت به خط صفر

درجه از سالی به سال دیگر نسبت به دو ماه دیگر شدیدتر است. به گونه‌ای که دسامبر سال ۲۰۰۶ به عنوان سردترین دوره بیش از ۸۰۰ پیکسل همدمای صفر درجه (۲۰۰.۰۰۰ کیلومتر مربع) بدست آمده است. در حالی که در گرمترین دوره، یعنی در سال ۲۰۱۰ تقریباً تمام استان تحت پوشش دمای بالاتر از خط همدمای صفر درجه است و تنها ۴ پیکسل برفی صفر درجه (۱۰۰۰ کیلومتر مربع) در این سال بدست آمده است (شکل ۱۰). بیشترین نوسان کاهشی از سال ۲۰۰۷ به ۲۰۰۸ و بیشترین نوسان افزایشی در سال ۲۰۱۰ به ۲۰۱۱ رخ داده است. در سال ۲۰۰۸ بیش از ۴۵۰ پیکسل (۱۱۲.۵۰۰ کیلومتر مربع) کاهش و از سال ۲۰۱۰ به ۲۰۱۱، حدود ۵۰۰ پیکسل معادل ۱۲۵.۰۰۰ کیلومتر مربع افزایش بدست آمده است. نکته دیگر در این دوره روند کاهشی بسیار شدید تعداد پیکسل‌ها از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۰ است، همچنین دامنه نوسانات خط صفر درجه از سال ۲۰۱۱ به بعد ضعیف‌تر بوده و تغییرات افزایشی، کاهشی متوالی را نشان می‌دهد (شکل ۱۲). برای خط همدمای ۳ درجه سلسیوس نوسانات خط همدمای نسبت به خط صفر

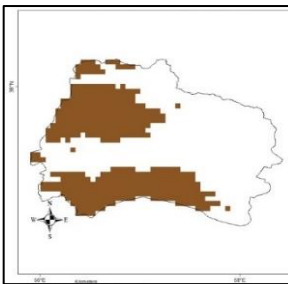
درجه از سالی به سال دیگر نسبت به دو ماه دیگر شدیدتر است. به گونه‌ای که دسامبر سال ۲۰۰۶ به عنوان سردترین دوره بیش از ۸۰۰ پیکسل همدمای صفر درجه (۲۰۰.۰۰۰ کیلومتر مربع) بدست آمده است. در حالی که در گرمترین دوره، یعنی در سال ۲۰۱۰ تقریباً تمام استان تحت پوشش دمای بالاتر از خط همدمای صفر درجه است و تنها ۴ پیکسل برفی صفر درجه (۱۰۰۰ کیلومتر مربع) در این سال بدست آمده است (شکل ۱۰). بیشترین نوسان کاهشی از سال ۲۰۰۷ به ۲۰۰۸ و بیشترین نوسان افزایشی در سال ۲۰۱۰ به ۲۰۱۱ رخ داده است. در سال ۲۰۰۸ بیش از ۴۵۰ پیکسل (۱۱۲.۵۰۰ کیلومتر مربع) کاهش و از سال ۲۰۱۰ به ۲۰۱۱، حدود ۵۰۰ پیکسل معادل ۱۲۵.۰۰۰ کیلومتر مربع افزایش بدست آمده است. نکته دیگر در این دوره روند کاهشی بسیار شدید تعداد پیکسل‌ها از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۰ است، همچنین دامنه نوسانات خط صفر درجه از سال ۲۰۱۱ به بعد ضعیف‌تر بوده و تغییرات افزایشی، کاهشی متوالی را نشان می‌دهد (شکل ۱۲). برای خط همدمای ۳ درجه سلسیوس نوسانات خط همدمای نسبت به خط صفر

۲۶۶.۰۰۰ (کیلومتر مربع)، ۷۲۲،
 ۱۸۰.۵۰۰ (کیلومتر مربع)، ۶۱۷
 ۱۵۴.۲۵۰ (کیلومتر مربع)، ۱۳۲، ۳۳.۰۰۰
 ۸۶۵، ۲۱۶.۲۵۰ (کیلومتر
 مربع)، ۶۷۹، ۱۶۹.۷۵۰ (کیلومتر
 مربع)، ۷۸۱ (۱۹۵.۲۵۰ کیلومتر مربع)، ۵۰۸
 ۱۲۷.۰۰۰ (کیلومتر مربع) و ۷۵۷
 ۱۸۹.۲۵۰ (کیلومتر مربع) پیکسل برقی
 است. همچنین خط روند در دوره ۱۰ ساله
 برای دسامبر نشان دهنده روند کاهشی در
 خط همدمای صفر درجه و ثلثت در خط
 همدمای ۳ درجه سلسیوس است.

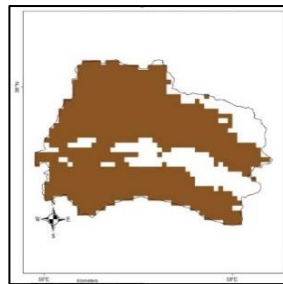
میانگین پیکسل‌های صفر درجه
 سلسیوس (دسامبر ۲۰۰۶)



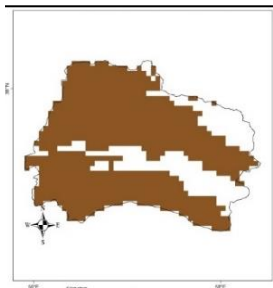
میانگین پیکسل‌های صفر درجه
 سلسیوس (دسامبر ۲۰۰۷)



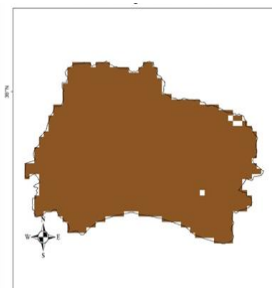
میانگین پیکسل‌های صفر درجه
 سلسیوس (دسامبر ۲۰۰۸)



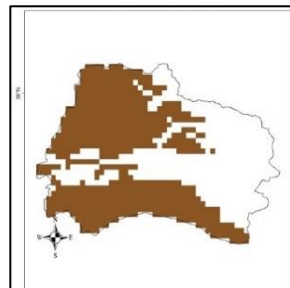
میانگین پیکسل‌های صفر درجه
 سلسیوس (دسامبر ۲۰۰۹)



میانگین پیکسل‌های صفر درجه
 سلسیوس (دسامبر ۲۰۱۰)



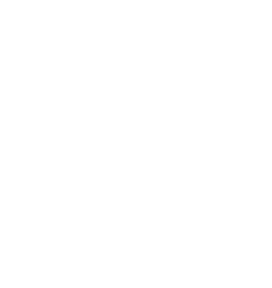
میانگین پیکسل‌های صفر درجه
 سلسیوس (دسامبر ۲۰۱۱)



میانگین پیکسل‌های صفر درجه
 سلسیوس (دسامبر ۲۰۱۲)

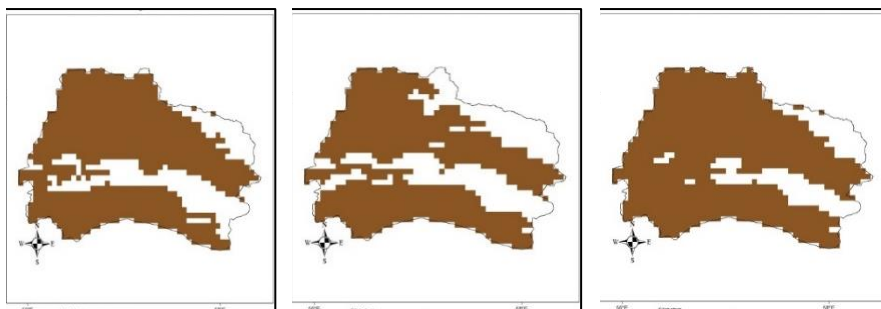


میانگین پیکسل‌های صفر درجه
 سلسیوس (دسامبر ۲۰۱۳)

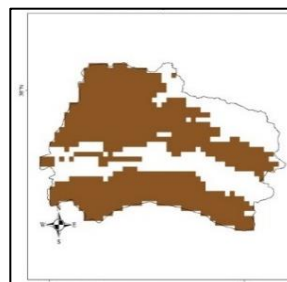


میانگین پیکسل‌های صفر درجه
 سلسیوس (دسامبر ۲۰۱۴)





میانگین پیکسل های صفر درجه سلسیوس (دسامبر ۲۰۱۵)

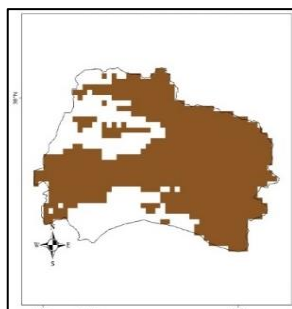


شکل ۱۰: میانگین ماهانه پیکسل های صفر درجه سلسیوس در ماه دسامبر طی سال های (۲۰۱۵-۲۰۰۶)

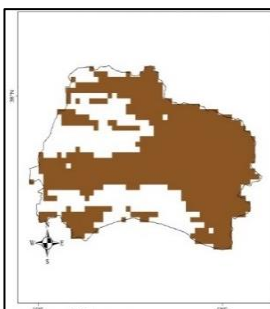
میانگین پیکسل های سه درجه
سلسیوس (دسامبر ۲۰۰۶)

میانگین پیکسل های سه درجه
سلسیوس (دسامبر ۲۰۰۷)

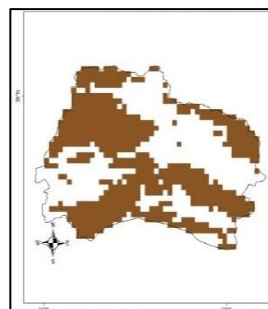
میانگین پیکسل های سه درجه
سلسیوس (دسامبر ۲۰۰۸)



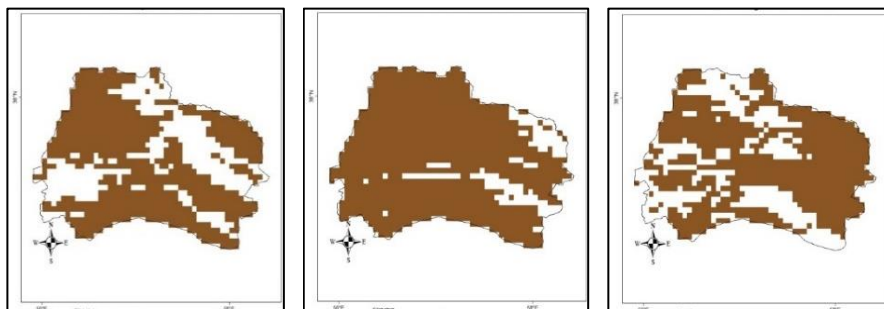
میانگین پیکسل های سه درجه
سلسیوس (دسامبر ۲۰۰۹)



میانگین پیکسل های سه درجه
سلسیوس (دسامبر ۲۰۱۰)



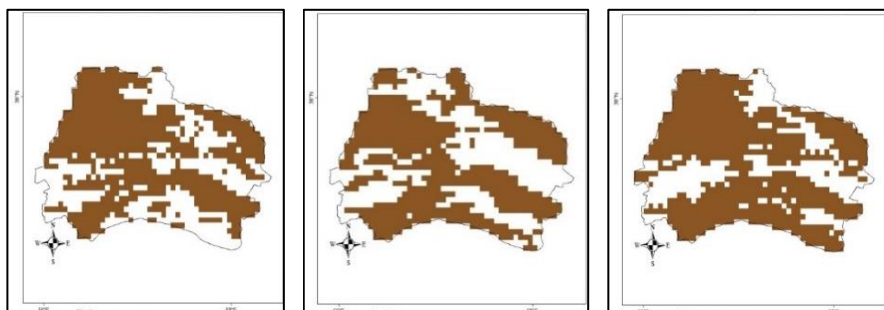
میانگین پیکسل های سه درجه
سلسیوس (دسامبر ۲۰۱۱)



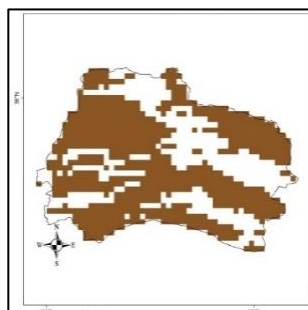
میانگین پیکسل‌های سه درجه
سلسیوس (دسامبر ۲۰۱۲)

میانگین پیکسل‌های سه درجه
سلسیوس (دسامبر ۲۰۱۳)

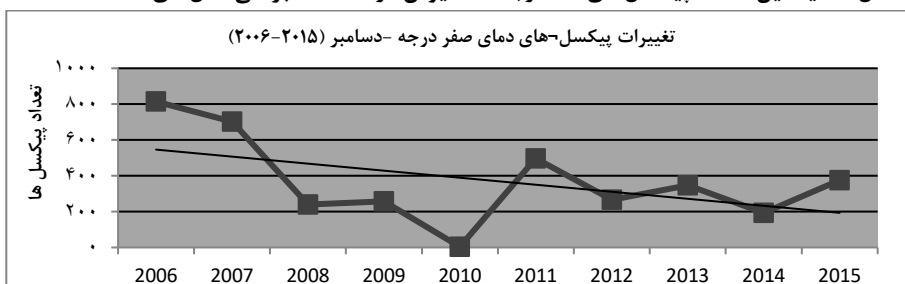
میانگین پیکسل‌های سه درجه
سلسیوس (دسامبر ۲۰۱۴)



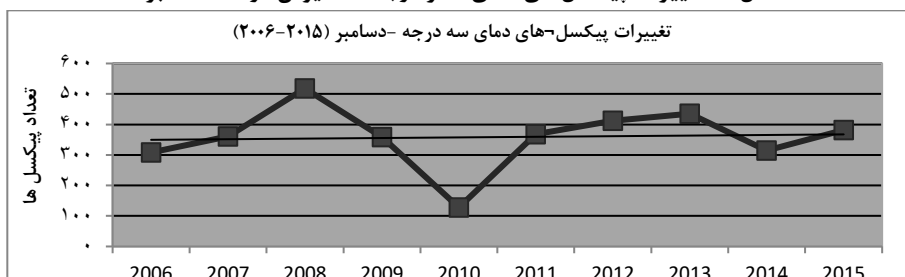
میانگین پیکسل‌های سه درجه سلسیوس (دسامبر ۲۰۱۵)



شکل ۱: میانگین ماهانه پیکسل‌های سه درجه سلسیوس در ماه دسامبر طی سال‌های (۲۰۰۶-۲۰۱۵)



شکل ۱۲: تغییرات پیکسل های دمای صفر درجه سلسیوس در ماه دسامبر



شکل ۱۳: تغییرات پیکسل های دمای سه درجه سلسیوس در ماه دسامبر

۲۰۰۶ برای ماه فوریه، ۲۰۱۳ و ۲۰۰۹ برای ماه دسامبر بدست آمده است. بطور کلی در میانگین ۱۰ ساله میانگین مناطق پیکسل های برفی (صفر و سه درجه سلسیوس) در سه ماه ژانویه، فوریه و دسامبر به ترتیب مقادیر ۹۲۶.۵، ۵۶۹.۷، ۷۲۸.۳ است، به ترتیب معادل با (۲۳۱.۶۲۵، ۱۴۲.۴۲۵، ۱۸۲.۰۷۵ کیلومتر مربع) است. بنابراین نتایج حاصل از بررسی ها نشان داد که بیشینه پتانسیل بارش برف برای عمده مناطق خراسان شمالی به ترتیب در ماه های ژانویه، دسامبر و فوریه است (جدول ۳).

میانگین ماهانه پیکسل های صفر و سه درجه سلسیوس طی دوره آماری ۱۰ ساله ۲۰۰۶-۲۰۱۵ در سه ماهه سرد سال در استان خراسان شمالی جدول ۲ مجموع پیکسل های برفی در فصل زمستان را در دوره ۱۰ ساله نشان می دهد. مطابق با جدول، سال های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۶ بیشترین مناطق با پتانسیل بارش برف را در ماه ژانویه، سال های ۲۰۱۲ و ۲۰۰۸ در ماه فوریه و سال های ۲۰۱۱ و ۲۰۰۸ در ماه دسامبر داشته اند. در حالی که کمترین پتانسیل بارش برف در سال های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵ برای ماه ژانویه، ۲۰۱۳ و

جدول ۲: پیکسل های همدمای صفر و سه درجه سلسیوس به تفکیک سال

سال	ژانویه-۰۰	ژانویه-۰۳	فوریه-۰۰	فوریه-۰۳	دسامبر-۰۰	دسامبر-۰۳
۲۰۰۶	۹۵۷	۱۹۲	۱۲۸	۱۴۰	۸۱۴	۳۰۸
۲۰۰۷	۷۵۴	۲۸۴	۲۱۴	۱۴۶	۷۰۳	۳۶۱
۲۰۰۸	۱۱۴۸	۱	۸۱۲	۲۳۴	۲۴۰	۵۱۸
۲۰۰۹	۴۷۶	۴۹۷	۱۹۰	۲۰۰	۲۵۸	۳۵۹
۲۰۱۰	۲۲۶	۴۰۷	۲۱۱	۱۹۳	۴	۱۲۸

۳۶۸	۴۹۷	۲۷۴	۵۵۵	۳۱۹	۷۱۲	۲۰۱۱
۴۱۲	۲۶۷	۲۴۶	۸۴۴	۳۷۸	۷۱۵	۲۰۱۲
۴۳۵	۳۴۶	۱۳۲	۱۰۷	۳۱۱	۵۸۲	۲۰۱۳
۳۱۵	۱۹۳	۲۳۶	۲۳۵	۳۵۵	۳۴۰	۲۰۱۴
۳۸۲	۳۷۵	۳۰۹	۲۹۱	۴۱۶	۲۳۱	۲۰۱۵

جدول ۳: مقادیر میانگین پیکسل‌های صفر و سه درجه سلسیوس طی دوره آماری ۲۰۰۶-۲۰۱۵

Dec			Feb		Jan
پیکسل‌های سه درجه سلسیوس	پیکسل‌های صفر	پیکسل‌های سه درجه سلسیوس	پیکسل‌های صفر	پیکسل‌های سه درجه سلسیوس	پیکسل‌های صفر
۳۵۸/۶	۳۶۹/۷	۲۱۱	۳۵۸/۷	۳۱۲/۴	۶۱۴/۱

پایش مکانی و زمانی سطوح مستعد بارش برف در منطقه خراسان شمالی از دو سری داده‌های زمینی و ماهواره‌ای استفاده گردید. از داده‌های دمای میانگین دریافت شده از سازمان هواشناسی کشور جهت تهیه خطوط همدمای صفر و سه درجه سلسیوس استفاده شد و با کمک محیط نرم افزار GIS و درون‌یابی به روش Spline کنتورهای همدمای صفر و سه درجه سلسیوس ترسیم گردید. با توجه به محدود بودن تعداد ایستگاههای دماسنجی در منطقه مورد مطالعه، برآورد خطوط همدمای صفر و سه درجه سلسیوس به منظور تعیین خط برف با استفاده از این اطلاعات زمینی از دقت بالایی برخوردار نمی باشد. بنابراین تولیدات ماهواره ای دمای

از آنجایی که اندازه هر پیکسل در تصاویر مورد مطالعه ۵۰۰×۵۰۰ متر است، سطح پوشیده شده از برف با ضرب تعداد پیکسل‌ها در ۲۵۰.۰۰۰ بر حسب متر مربع بدست می آید.

نتیجه گیری

از آنجایی که بخش اعظمی از بارش‌ها در مناطق شمالی از جمله خراسان شمالی در فصل سرد سال بصورت برف است و از طرفی آب حاصل از ذوب برف نقش بسیار مهمی در ایجاد رواناب‌های سطحی، تغذیه آبهای زیرزمینی و همچنین رخداد سیل دارد مطالعه و بررسی مناطق با پتانسیل بارش برف برای پیشگیری از خطرات احتمالی ناشی از سیلاب بسیار حائز اهمیت است. بدین جهت در این مطالعه جهت

است در حالی که کمترین مقدار مربوط به سال ۲۰۱۰ حدود ۲۲۸ پیکسل (۵۷.۰۰۰ کیلومتر مربع) بوده است. بطور کلی مجموع پیکسل های برفی در این ماه بطور میانگین طی ۱۰ سال ۹۲۶.۵ پیکسل (۲۳۱.۶۲۵ کیلومتر مربع) می باشد. تغییرات خط روند در این ماه نشان دهنده روند نزولی در تعداد پیکسل های صفر درجه از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ و روند افزایشی پیکسل های ۳ درجه سلسیوس است. ماه دسامبر بعد از ژانویه بیشترین مناطق تحت پوشش پیکسل های صفر و سه درجه سلسیوس را نشان می دهد. در این ماه میانگین پیکسل های برفی طی ۱۰ سال ۷۲۸.۳ پیکسل (۱۸۲.۰۷۵ کیلومتر مربع) است که از این مقدار ۳۶۹.۷ پیکسل (۹۲.۴۲۵ کیلومتر مربع) صفر درجه و بقیه ۳ درجه می باشد. در این ماه همچنین سال های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ بیشترین و سال ۲۰۱۰ کمترین مناطق متأثر از خطوط همدمای صفر و سه درجه سلسیوس را دارا بوده اند. بطور کلی روند تغییرات پیکسل های صفر درجه در دوره ۱۰ ساله در ماه دسامبر نزولی و پیکسل های ۳ درجه تقریباً ثابت

سطح با گام های زمانی ۱ ماهه طی سال های ۲۰۰۶ تا ۵۰، در سه ماهه سرد سال (ژانویه، فوریه و دسامبر) با فرمت HDF استخراج گردید و پس از فرایندهای اولیه از قبیل تبدیل فرمت به تصویر، تصحیحات هندسی و کالیبره کردن، استخراج منطقه مورد مطالعه و اعمال مختصات زمینی UTM، اطلاعات مربوط به دمای روزانه سطح استخراج شد. در ادامه جهت تعیین خط همدمای صفر درجه، پیکسل هایی که دمای سطح آنها صفر و کمتر از صفر درجه سانتیگراد (۲۷۳ درجه کلونین) و برای خط ۳ درجه پیکسل هایی که دمای سطح آنها ۳ درجه و یا کمتر است به عنوان پیکسل های سه درجه تعیین گردید. نتایج حاصل از مطالعات انجام گرفته نشان داد که بیشترین مناطق با پتانسیل بارش برف در ماه ژانویه و سپس دسامبر و فوریه قرار دارد. نیمه شرقی و خط مرکزی استان خراسان شمالی در هر سه ماه بیشترین پیکسل های برفی (صفر و سه درجه سلسیوس) را داشته اند. همچنین بیشترین پیکسل های صفر درجه در ماه ژانویه در سال ۲۰۰۸، ۱۱۴۸ پیکسل (۲۸۷.۰۰۰ کیلومتر مربع) بوده

از مرکز، شمال و بخش‌هایی از غرب منطقه می‌باشد. بررسی معنی‌داری تغییرات پیکسل‌های برفی در ماه‌های مختلف در دوره ۱۰ ساله با استفاده از آنالیز رگرسیون خطی در نرم افزار SPSS نشان داد که بیشترین معنی‌داری آماری در پیکسل‌های دمایی صفر درجه و در ماه ژانویه و پس از آن در پیکسل‌های سه درجه سلسیوس و در ماه فوریه بوده است. در دوره ده ساله در بقیه ماه‌ها تغییرات پیکسل‌های صفر و سه درجه هیچگونه معنی‌داری آماری را نشان نمی‌دهند.

است. بیشترین مناطق تحت پوشش خط همدمای صفر و سه درجه سلسیوس در ماه فوریه به ترتیب در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۵ بوده است در حالی که کمترین مناطق تحت پوشش برای هر دو خط همدمای صفر و سه درجه در سال ۲۰۱۳ بدست آمده است. میانگین پیکسل‌های برفی در دوره ۱۰ ساله در این ماه ۵۶۹.۷ بوده که نسبت به دو ماه دیگر کمتر بوده است. بنابراین بیشترین پتانسیل بارش برف در منطقه به ترتیب در ماه‌های ژانویه، دسامبر و فوریه بدست آمده است که مستعدترین مناطق نیز نیمه شرقی، بخش عمده‌ای

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی: این پژوهش هیچ کمک مالی از سازمان‌های تأمین مالی دریافت نکرده است.
تعارض منافع: طبق اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.
برگرفته از پایان نامه/رساله: این مقاله برگرفته از پایان نامه/رساله نبوده است.

منابع

- پرهمت، ج.، ۱۳۸۱. مدل توزیعی رواناب حاصل از ذوب برف با استفاده از داده های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی رساله دکتری هیدرولوژی و منابع آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
- دینی، غ.، ضیائیان، ب.، علیمحمدی، ع.، داداشی، س.، ۱۳۸۶. بررسی سطوح برفگیر در البرز مرکزی با استفاده از داده های ماهواره مودیس و AVHRR و سامانه اطلاعات جغرافیایی. نشریه تحقیقات منابع آب، شماره ۳.
- فتاحی، ا.، وظیفه دوست، م.، ۱۳۹۰. برآورد دمای سطح برف با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس (مطالعه موردی حوضه استان گلستان). فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۶، شماره سوم، ۱۷۴۲۳-۱۷۴۰۳.
- قنبرپور، م.، ۱۳۸۱. کاربرد سنجش از دور در تعیین پارامترهای هیدرولوژیکی برف در مناطق کوهستانی، نشریه نیوار، شماره ۴۴ و ۴۵.
- کمالی، ع.، مساح بوانی، ع.، ۱۳۸۹. تأثیر تغییر و نوسانات اقلیمی بر رواناب حوضه با دخالت عدم قطعیت دو مدل هیدرولوژی. مجله آب و خاک، جلد بیست و چهارم، -۹۳۱-۹۲۰.
- نجفزاده، ر.، ابریشمی، ا.، تجریشی، م.، طاهری، ح.، ۱۳۸۳. شبیه سازی جریان رودخانه با مدل ذوب برف. مجله آب و فاضلاب، شماره ۱۲.
- Barnett, A.C., Klein, A.G. 2003, Validation of daily MODIS snow cover maps of the upper Rio Grand River basin for the 2000-2001 snow year. Remote Sense. Environ.86 (2):162-176.
- Choudhury, B., 1981, A note on the solar elevation dependence of clear-sky snow albedo: Cold Regions Science and technology, Vol 5,(2), 173-176
- Foster, J.L., Chang, A.T.C., and Hartline, B.K., 1982. Snow water equivalent estimation by microwave radiometry Cold Regions Science and Technology, Vol 5 (3), 259-267
- Hall, D.K., Martinec, J., 1985, Remote sensing of ice and snow, Vol 21 (4), 1-189.
- Hall D.K., Riggs, G.A., Salomonson V.V.,

- Envisnow EVG1-CT-2001-00052.
- Price, A.G., 1984, Prediction of snowmelt rates in a deciduous forest, *Journal of hydrology*, 101, 145-157
 - Rango, A., Martinec, J., 1982. Snow Accumulation Derived From Modified Depletion Curves of Snow Coverage, *Proceedings of the Exeter Symposium: Hydrological Aspects of Alpine and High Mountain Areas*, IAHS Publ. 138, 83-90.
 - Riggs, G. A., Hall, D. K., Salomonson, V. V., 2006. MODIS snow products user guide, <http://modis-snow-ice.gsfc.nasa.gov/userguides.html>.
 - Simpson, J.J., Stitt, R., Sienko, M., 1998, Improved estimates of areal extent of snow cover from AVHRR data, *Journal of hydrology*, 204, 1-23.
 - Warren, S.G., 1982b. optical properties of snow. *Reviews of Geophysics and space*, 201, 68-89.
 - Xiong, X., Sun, K., Chiang, J., Barnes, W.L., Guenther, B., 2009 NASA EOS Terra DiGirolamo N.E. and Bayr K.J. 2002, MODIS snow-cover products. *Remote Sensing of Environment*, 83 (1-2), 181-194.
 - Klein A.G., Hall, D.K., Riggs G.A., 1998, Improving snow cover mapping in forests through the use of a canopy reflectance model. *Hydrological Processes*, 12, 1723-1744.
 - Hall, D.K., Riggs, G.A., Scharfen, G.R., 2001. Earth Observing System (EOS) Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, *Global Snow-Cover Maps*. IAHS *Proceedings and Reports* 267, 55-60.
 - Klein, A. G., Barnett, A. C., 2003, Validation of daily MODIS snow cover maps of the Upper Rio Grande River Basin for the 2000-2001 snow year. *Remote Sensing of Environment*, 86(2), 162-176.
 - Malcher, P., Heidinger, M., 2001 Processing and data assimilation scheme for satellite snow cover products in the hydrological model.

- Siberian watersheds, J. Geophys. Res., 108(18), 4578, 10.1029/2002003149.
- Yan, Z., 2003. MODIS and Snow-cover, http://climate.eas.gatech.edu/yzhang/MODIS_snow.pdf.
 - and Aqua MODIS on-orbit performance Advances in Space Research, 43(3- 2) , 413-422.
 - Yang, D., Robinson, D., Zhao, Y., Estilow, T., Ye, B., 2003, Streamflow response to seasonal snow cover extent changes in large