مکانیابی مناطق برف‌گیر با ماندگاری طولانی با استفاده از RS و GIS
(مطالعه موردی حوضه آبریز ناورود استان گیلان)

خسرو تاجداری رئیس گروه تلفیق و بیلان شرکت آب منطقه‌ای گیلان*
پرویز رضایی استادیار دانشکده جغرافیا دانشگاه آزاد اسلامی رشت
رسول خان میرزایی مدیر دفتر مطالعات پایه شرکت آب منطقه‌ای گیلان
*تلفن نویسنده اصلی: ۰۹۱۱۳۳۵۶۰۲۲ ، نمابر:۰۱۳۱۶۶۰۵۱۴۲ ،
پست الکترونیکی: Khosro1taj@gmail.com

چکیده

حوضه آبریز ناورود در غرب گیلان دارای رژیم برفی‌بارانی است و ارتفاعات آن به مانند اکثر حوضه های آبریز دیگر استان همواره در فصول پائیز و زمستان پوشیده از برف می باشد ، لیکن تا کنون رفتار سنجی و پایش مستمری از وضعیت پوشش برف در هیچ یک از این حوضه ها وجود نداشته و به همین دلیل در بررسی این منبع مهم آبی کوتاهی شده‌است. کاهش شدید آوردهای ورودی به سد سفیدرود در طی سال های اخیر ، بدلیل افزایش ساخت سدهای مخزنی، رشد مصرف آب در بخش کشاورزی و صنعت و بروز خشکسالی‌های پی در پی در بالادست حوضه، اهمیت منابع داخلی برف را در تأمین آب مصرفی استان در آینده نزدیک بیشتر نمایان می سازد . در این تحقیق به منظور پایش مداوم سطح پوشش و آب معادل برف با دقت مکانی بالا، از تصاویر اپتیکال سنجنده MODIS و تصاویر راداری سنجنده AMSR-E استفاده می‌گردد. ابتدا با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، سطوح پوشش برف در حوضه، دو زیرحوضه و در طبقات ارتفاعی ۵۰۰ متر از حوضه به ه‌مراه داده‌های آب معادل برف، برای یک دوره ۹ ساله از ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۸ تخمین زده می‌شود و پس از انجام عملیات پیش پردازش وپس‌پردازش و تهیه الگوریتم‌های لازم در محیط نرم‌افزار ERDAS IMAGINE و با استفاده از نرم‌افزار MATLAB داده‌های مورد نیاز برای ورود به محیط GIS آماده می‌گردد.این داده‌ها از طریق مطالعات میدانی، کنترل و سپس در محیط نرم افرار ArcGIS همرا با لایه‌های مورد لزوم تجزیه و تحلیل نهایی شده و با استفاده از تکنیک مکان یابی ،مناطق برف‌گیر با ماندگاری طولانی در حوضه‌آبریز شناسایی و برای تهیه نقشه‌های خروجی به محیط Google Earth منتقل می‌گردد.

کلید واژه ها: ***تصاویر ماهواره ای سطح پوشش و آب معادل برف، حوضه آبریز ناورود، نرم‌افزارهای RS و GIS***

۱- مقدمه

ایران سرزمین کم آبی است که در منطقه خشک و نیمه خشک کره زمین قرار گرفته و لذا بارش برف مهمترین عامل تاثیر گذار در میزان ذخایر آب، به ویژه درفصول گرم سال محسوب می‌گردد. از نظر اقلیم شناسان و هواشناسانی که تغییرات اقلیمی و اتمسفری را مطالعه می کنند در یک دید جهانی، پایش برف یک ضرورت است زیرا خصوصیات فیزیکی درون برف بر تغییرات روزانه و اقلیمی و حتی تغییرات بلندمدت اقلیمی تاثیر می گذارد، پایش اصولی سطح پوشش برف ،ارزیابی سطوح ذوب برف حاصله را دقیق تر نمایان می سازد به طور کلی انباشت و ذوب برف معمولا با استفاده از مشاهدات زمینی مدلسازی می‌شوند. از این رو امروزه در روند مدیریت کارآمد منابع آبی، به کارگیری داده های سنجش از دور با هدف کسب اطلاعات دقیق از پوشش برف به صورت عملیاتی اجرا می گردد. با عنایت به پیشرفت های موجود در چند دهه گذشته توسط کشورهای مختلف سنجنده های ماهواره‌ای متعدد و متنوعی طراحی و به فضا ارسال شده که یکی از مهمترین آن ها ماهواره Terra است. سنجنده Modis ماهواره مذکور با توجه به قابلیت های فنی و اپتیکی خود تصاویر متنوعی را در باندهای مختلف الکترومغناطیس عرضه می‌دارد. سنجنده راداری A-msre از ماهواره Aqua نیز با کمک قابلیت های خود تصاویر آب معادل برف (SWE) را ارائه می‌دهد.

(پوتس، ۱۹۳۷) در اولین تلاشها در تعیین وسعت هوائی پوشش برف و موقعیت خط برف از تصویر برداری هوائی کمک گرفته شد. (سینگر و همکاران، ۱۹۶۳) سطح پوشش برف در نخستین تصاویر از ماهواره هواشناسی tiros-1 در آوریل ۱۹۶۰ بدست آمد.(کارل و همکاران، ۲۰۰۱) با نصب سنجنده Modis در سال ۱۹۹۹ بر روی فضاپیمای Terra از داده های ماهواره ای Modisانقلابی را در زمینه دقت مکانی و زمانی تولید نقشه های پوشش برف به وجود آورده است . (هال و همکاران، ۲۰۰۲) نقشه های برف Modis کل زمین را به صورت روزانه پوشش داده و با دقت مکانی ۵۰۰ متر ارائه می‌شوند. آلگوریتم های استفاده شده در تولید این نقشه ها از طیف های انعکاس یافته در باندهای ۴ و ۶ برای تولید شاخص نرمال شده برف (NDSI) استفاده می کنند. (کلاین و همکاران ۲۰۰۱) نقشه‌های برف حاصل از Modis را با نقشه های تهیه شده توسط مرکز سنجش از دور هیدرولوژیکی ملی امریکا (National Operational Hydrologic Remote Sensing Center) با نام اختصاری NOHRSC، در بالادست آبگیر ریوگراند مورد مقایسه قرار دادند و به این نتیجه دست یافتند که هر دو این نقشه ها از شرایط ابری متاثر شده و خطای اصلی در هر دوی آن ها وجود ابر می باشد.(رایگانی و همکاران، ۱۳۸۷) مطالعه‌ای که در آبگیر ریوگران روی پوشش برف Modis در طی سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۱ انجام گرفته، می توان به طور کلی متوسط دقت نقشه پوشش برفی Modis در شرایط غیر ابری را ۸۸ درصد در نظر گرفت.

همچنین به منظور ایجاد مدل های هیدرولوژیکی کارآمد و مطمئن و همچنین بهبود پیش بینی‌ها ،دقت بیشتر و روش های کم هزینه‌تر در روند برآورد مقادیر، از سطوح پوشش برف حاصل از تصاویر ماهواره ای اپتیکال و تصاویر راداری آب معادل برف نیز استفاده می شود. (نجفی ایگدیر و همکاران، ۱۳۸۶) رواناب حاصل از ذوب برف را با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در حوضه شهرچای ارومیه، شبیه سازی کردند. در این تحقیق سطح پوشش برف منطقه به عنوان مهمترین متغیر هیدرولوژیکی لازم با استفاده از تصاویر سنجنده Noaa ماهواره Avhrr استخراج گردید. (نگلر و همکاران، ۲۰۰۸) با استفاده از تصاویر ماهواره ای اپتیکال Modis و تصاویر رادار Envisat ASAR (به منظور حذف خطاهای ایجاد شده در دوره‌های ابری طولانی)، رواناب حاصل از ذوب برف در حوضه Otztal در استرالیا را پیش بینی کردند. مقایسه نقشه-

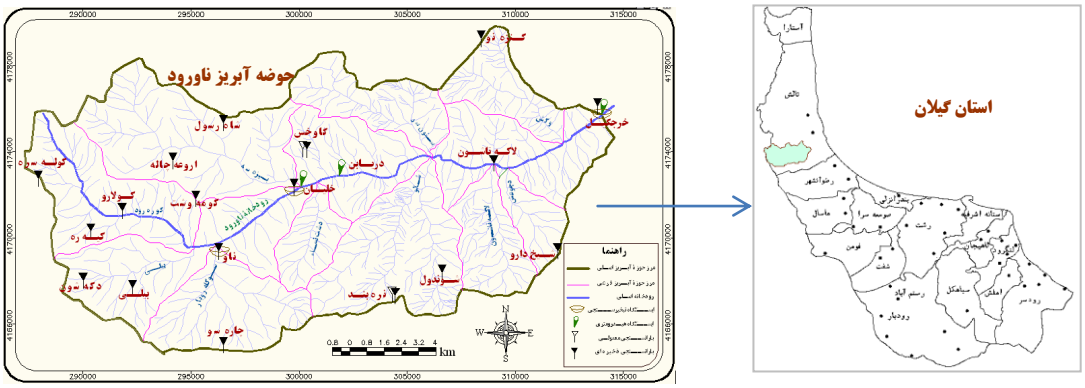
های برف حاصل از SAR و تصاویر اپتیکال تفاوت های سیستماتیکی را آشکار کردند . به منظور جبران این اختلافات از یک مدل نیمه توزیعی برای اثبات استفاده از داده های پوشش برف ماهواره ای در پیش بینی رواناب کوتاه مدت استفاده شد. در این بررسی همچنین تصاویر Aster و Modis با هم مقایسه شدند، نتایج نشان داد که Modis در نواحی بدون برف روندی تقریبا بیش برآوردگر و در مناطق پوشیده از برف کم برآوردگر است.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز معرف ناورود اسالم با مساحت حدود ۳۲۱ کیلومتر مربع تا دریا در منطقهٔ غرب گیلان و محدودهٔ شهرستان تالش بین طولهای جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۴ دقیقه شرقی و عرضهای جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی قرار گرفته است. سرمنشأ طولانی‌ترین شاخه‌های رودخانهٔ ناورود از دامنه های شرقی رشته-کوههای تالش و کوههای «حجاب»، «سطله‌خونی»، «اسبه‌ریسه »، « هفته‌خونی» و «بوغروداغ» آغاز شده و بعد از پیوستن شاخه-های فرعی دیگر، رودخانه در جهت غرب به شرق به مسیر خود ادامه داده و پس از عبور از شهر اسالم و طی ۴ کیلومتر دیگر به دریای خزر می‌ریزد.

حوضه معرف ناورود درحال حاضر دارای دو ایستگاه هیدرومتری درجه یک، سه ایستگاه تبخیرسنجی درجهٔ یک، دو ایستگاه بارانسنج معمولی، ۱۸ ایستگاه بارانسنج ذخیره ای و چهار ایستگاه برفسنجی است،ایستگاه آب سنجی خرجگیل با وسعت ۲۸۰ کیلومتر مربع و متوسط آورد سالیانه ۱۵۷ میلیون متر مکعب در ۶ کیلومتری بالادست شهر اسالم قرار دارد که از سال ۱۳۴۴ آماربرداری می‌شود.

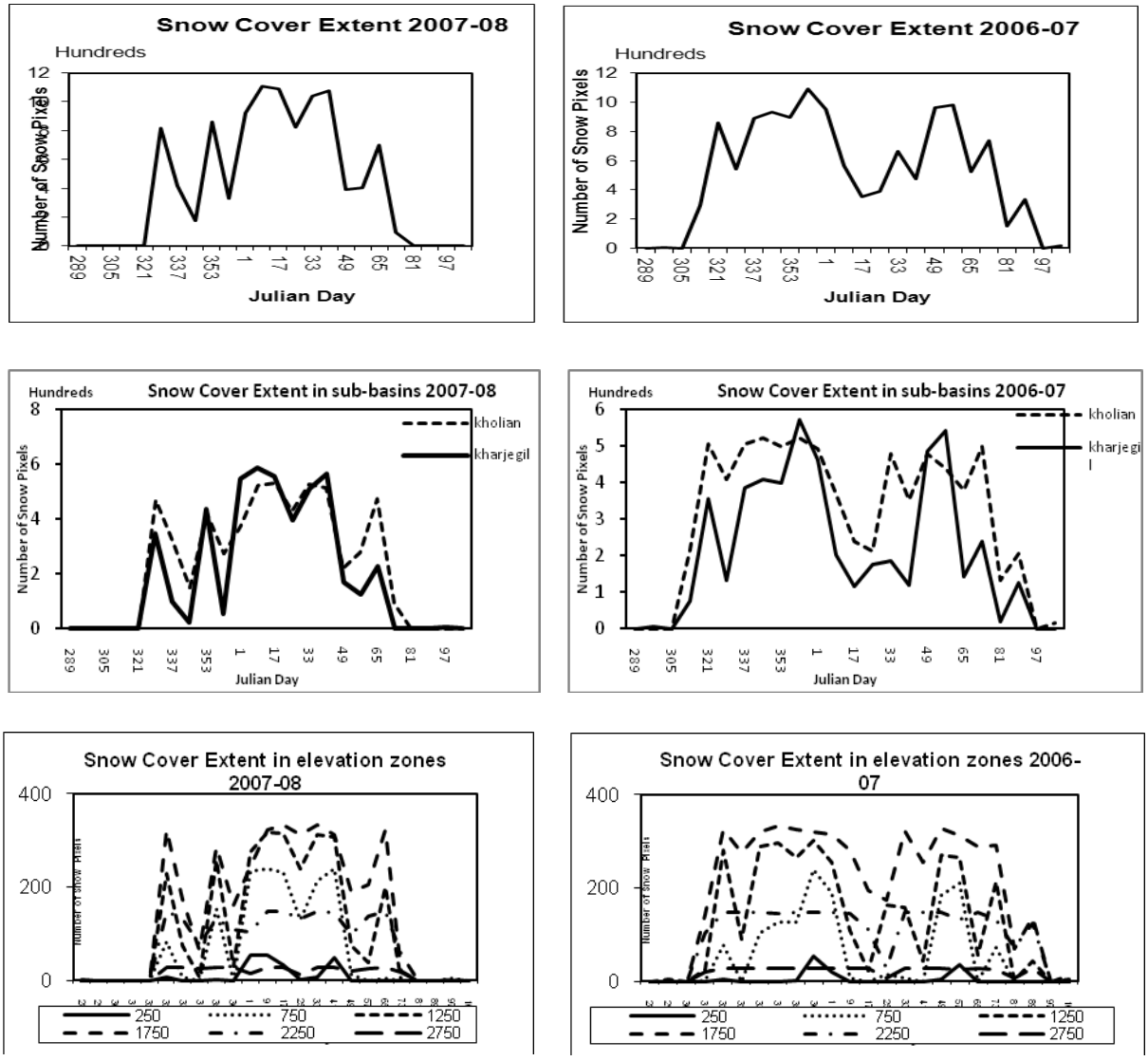


شکل(۱): موقعیت حوضه آبریز ناورود و ایستگاههای هیدروکلیماتولوژی واقع در آن

۲-۲- سطوح پوشش برف

تعداد ۲۱۶ تصویر ماهواره ای ۸ روزه سطح پوشش برف، برداشت شده توسط سنجنده Modis طی سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ از حوضه آبریز ناورود دریافت شد. سپس در محیط نرم افزار Erdas Imagine عملیات Import تصاویر و تبدیل آن به فرمت Tif انجام گردید و در ادامه عملیات زمین مرجع نمودن نیز انجام گردیده و در خاتمه محدوده حوضه آبریز از تصاویر برش داده می‌شود. پس از مراحل فوق توسط برنامه‌ای که در محیط برنامه نویسی Matlab تهیه گردید، کلیه تصاویر فراخوانی

شده و عمل استخراج سطح برف برای کل حوضه، د و زیرحوضه و طبقات ارتفاعی مورد مطالعه انجام گرفت . در شکل(۲) تعدادی از نمودارهای تغییرات سطح برف در حوضه، دو زیرحوضه و طبقات ارتفاعی حوضه آبریز ناورود در طی این سالها



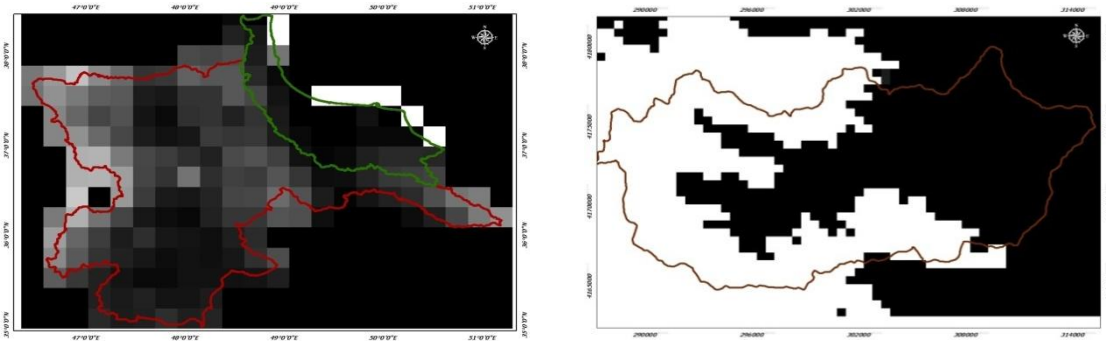
نشان داده شده است.

شکل (۲): رژیم تغییرات سطح برف به تفکیک حوضه، دو زیرحوضه و مناطق ارتفاعی

۲-۳- ارتفاع آب معادل برف

(گارت، ۲۰۰۱) برآورد پارامترهای برف از جمله سن، چگالی، عمق و دانه بندی برف با استفاده از تصاویر اپتیکی با قدرت تفکیک طیفی بالا امکان پذیر است . در یک سیستم تصویر رادار، سنجنده رادار فرستنده و گیرنده موج در طیف

ماکرویو است و امکان تصویربرداری در هر شرایط آب و هوایی امکان پذیر است . تصاویر ماکرویو به صورت روزانه، ۳ تا ۵ روز و ماهانه از طریق سایت های اینترنتی قابل دسترسی است و پس از پردازش در محیط نرم افزار Erdas Imagine میزان آب معادل برف را بدست می دهد. این داده ها در سطح استان با داده های اندازه گیری شده در عملیات میدانی اندازه گیری برف که همه ساله توسط دفتر مطالعات آب منطقه ای گیلان در ماههای فصل زمستان انجام می گردد ،مورد واسنجی قرار گرفت و دقت آن تا سطح ۶۰ درصد بدست آمد. در شکل (۳) نمونه‌ای از تصاویر سطح پوشش برف و آب معادل برف پردازش شده در محیط Erdas Imagine که مربوط به حوضه ناورود ،استان و حوضه آبریز سفیدرود است را مشاهده می کنیم.



شکل(۳): تصاویر سطح پوشش و آب معادل برف

۲-۴- بررسی سطح پوشش برف در طبقات ارتفاعی

(الکسیه و همکاران، ۲۰۰۹) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نوری به دلیل دو نوع بازتاب بالا در بخش مرئی و بازتاب پایین در مادون قرمز نزدیک و میانی، می توان برف را از سایر پدیده ها تفکیک کرد. بررسی و تحلیل های صورت گرفته بر روی نقشه های سطح پوشش برف در طبقات ارتفاعی حوضه آبریز ناورود که در شکل (۲) آورده شده، نشان می‌دهد، عمده تجمع پوشش برف از ارتفاع ۱۵۰۰ متر به بالا می باشد، یعنی مناطق کوهستانی حوضه که پوشش جنگلی کمتر دیده می شود و بدلیل کاهش شدید تأثیر رطوبت دریا بر این مناطق و تراز ارتفاعی بالا، دما کاهش یافته و ریزش ها اکثراً بصورت برف می باشد، لذا پوشش برف ماندگاری بیشتری داشته و مساحت بیشتری را از سطح حوضه در این ارتفاع به خود اختصاص می دهد. به همین لحاظ در این پژوهش مکان هایی از حوضه آبریز که از تراز ۱۵۰۰ متر به بالا میباشند مورد نظر قرار گرفته و بررسی می شوند. وسعت این قسمت از حوضه ۱۲۲ کیلومتر مربع است که نزدیک به ۴۴ درصد از وسعت کل حوضه را شامل می گردد. جدول (۱) مقایسه‌ای از متوسط ماهانه سطح پوشش برف در کل حوضه آبریز و مناطق ارتفاعی بالای ۱۵۰۰ متر می‌باشد.

جدول(۱): متوسط ماهانه سطح پوشش برف در کل حوضه آبریز و مناطق بالای ۱۵۰۰ متر برحسب کیلومترمربع

ماه	محدوده	1381	1382	1383	1384	1385	1386	1387	1388	متوسط
فروردین	>1500	1	26	42	20	0.1	25	0	23	17
	کل حوضه	2	36	88	24	0.1	29	0.5	35	27
مهر	>1500	5	0	0	4	0	0.5	0	0	1
	کل حوضه	20	0	0	8.5	0	0.5	0	0	4
آبان	>1500	37	20	18	38	48	0	40	0	25
	کل حوضه	39	22	19	44	72	0	43	0	30
آذر	>1500	108	53	118	6	122	90	72	0	71
	کل حوضه	184	89	230	6	203	141	130	0	123
دی	>1500	72	102	72	102	69	111	104	119	94
	کل حوضه	122	181	91	151	137	185	215	233	164
بهمن	>1500	71	59	41	79	75	103	110	36	72
	کل حوضه	103	70	46	146	108	155	209	36	109
اسفند	>1500	19	70	46	73	3	96	60	9	47
	کل حوضه	19	120	66	105	3	149	75	10	68

۲-۵- اندازه گیری های صحرایی در ایستگاههای برف‌سنجی

نگاهی به مقادیر اندازه گیری شده پارامترهای برف در عملیات صحرایی سال های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ ایستگاههای برف-سنجی حوضه آبریز ناورود که در جدول (۲) آورده شده‌است حاکی از عدم پراکندگی زیاد مقادیر چگالی برف خصوصاً در ماههای بهمن و اسفند است که در رنج ۴/۱ تا ۵/۷ قرار دارند، تنها مقدار پرت مربوط به دی ماه ۱۳۸۹ به میزان ۱/۶ می‌باشد که نشان از تازگی برف و ماندگاری کم آن میباشد. این مقادیر به همراه مقادیر آب معادل برف اندازه گیری شده در ایستگاههای برفسنجی به ما کمک می کند تا بتوانیم دقت مقادیر برآورد شده آب معادل برف حاصل از تصاویر سنجنده Amsr-e را که در ماههای سرد سال برداشت شده، محاسبه نماییم.

جدول(۲): مقادیر پارامترهای اندازه گیری شده در ایستگاههای برف‌سنجی ناورود

سال	ماه	آب برف-میلیمتر	عمق برف-سانتیمتر	چگالی-درصد
1387	بهمن	4.7	11.5	4.1
1388	اسفند	2	3.5	5.7
1389	دی	11.9	77	1.6
1389	بهمن	26.4	49	5.4
1390	اسفند	34.6	71	4.9
متوسط		**15.9**	**42.4**	**4.4**

۲-۶- بررسی آب معادل برف تصاویر راداری

پس از دریافت تصاویر راداری و تبدیل سیستم مختصات آن به سیستم جغرافیایی در محیط نرم افزار hegWINv2.9، تصاویر جهت برش حوضه آبریز ناورود و استخراج داده های آب معادل برف به محیط نرم افزار Erdas Imagine منتقل می گردد. مقادیر ارتفاع آب معادل برف در دو محدوده بالای ۱۵۰۰ متر و کمتر از ۱۵۰۰ متر حوضه آبریز ناورود بصورت مجزا از تصاویر دریافت گردید که در جدول (۳) آورده شده‌است.

جدول (۳): مقایسه متوسط ماهانه ارتفاع آب معادل برف در دو محدوده بالا و پایین تر از ۱۵۰۰ متر به میلیمتر

ماه	محدوده	1381	1382	1383	1384	1385	1386	1387	1388	متوسط
فروردین	>1500	0.5	3	1	1.5	0	1.5	0	1	1
	<=1500	0.5	2.5	1	2	0	2.5	0	0.5	1
مهر	>1500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<=1500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
آبان	>1500	0	0	0	1.5	2	0	0	0.5	1
	<=1500	0	0	0	2.5	1.5	0	1.5	0.5	1
آذر	>1500	10	6.5	9.5	1	10	6.5	2.5	2.5	6
	<=1500	8.5	4.5	6	0.5	8	5	3.5	2.5	5
دی	>1500	11.3	16	12.5	17.5	10	22	19.5	10	15
	<=1500	7.8	8	9	10	6.5	14	14	8	10
بهمن	>1500	18.5	20	16	26	21	21	26	13	20
	<=1500	12.3	12	10.5	13.5	14	11.5	17.5	9	13
اسفند	>1500	4.8	20.5	1.5	10.5	8	13	9.5	6.5	9
	<=1500	5.3	16.5	2.5	9	8	12	6	6.5	8

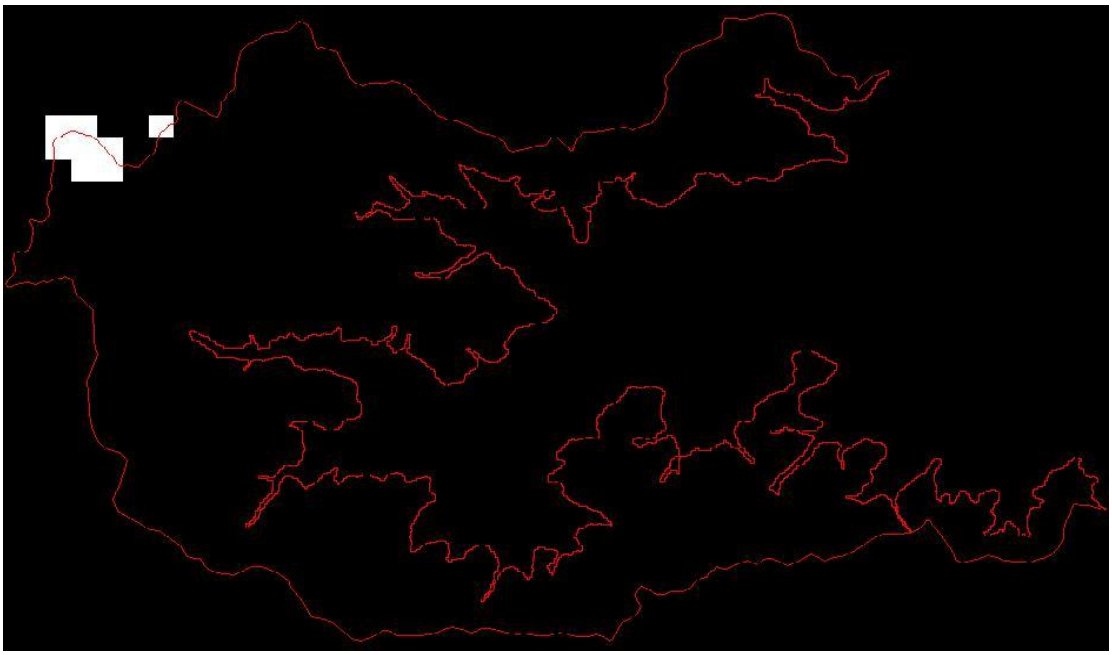
نمایش مقادیر ضخامت عمق برف در محدوده ۱۵۰۰ متر به بالا نیز در جدول (۴) دیده می‌شود. این مقادیر براساس داده‌های ارتفاع آب معادل برف و احتساب متوسط ضریب چگالی ۴/۴ درصد از داده های اندازه گیری شده در عملیات برف سنجی، به دست می‌آیند.

جدول(۴): متوسط ماهانه ارتفاع عمق برف به سانتیمتر در مناطق بالای ۱۵۰۰ متر بر حسب سال

ماه	1381	1382	1383	1384	1385	1386	1387	1388	متوسط
فروردین	1.1	6.8	2.3	3.4	0.0	3.4	0.0	2.3	2.4
مهر	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
آبان	0.0	0.0	0.0	3.4	4.5	0.0	0.0	1.1	1.1
آذر	22.7	14.8	21.6	2.3	22.7	14.8	5.7	5.7	13.8
دی	25.6	36.4	28.4	39.8	22.7	50.0	44.3	22.7	33.7
بهمن	42.0	45.5	36.4	59.1	47.7	47.7	59.1	29.5	45.9
اسفند	10.8	46.6	3.4	23.9	18.2	29.5	21.6	14.8	21.1

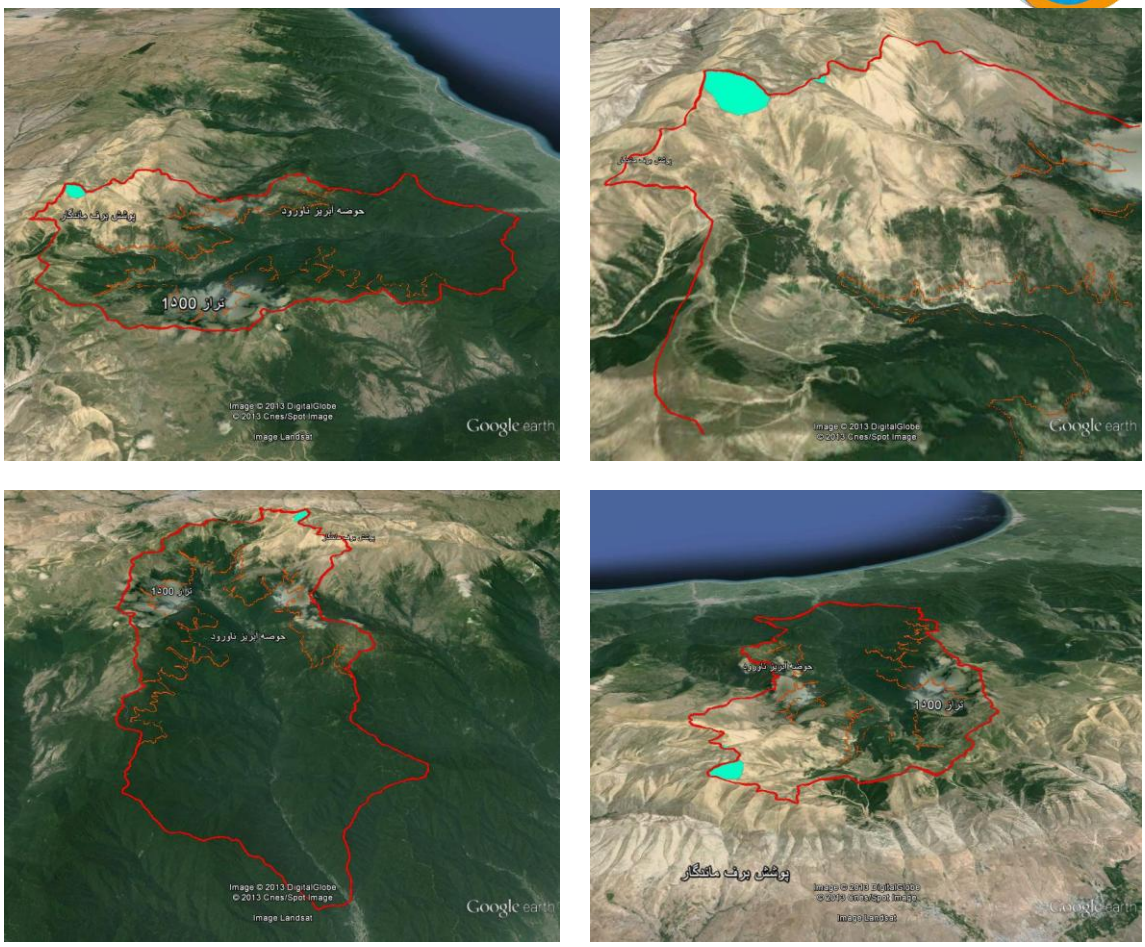
۲-۷ – مکانیابی سطوح ماندگار پوشش برف

پس از بررسی و تحلیل تصاویر پوشش برف و آب معادل برف در دوره زمانی ۲۴ مهرماه لغایت ۵ اردیبهشت در طی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ در تراز ارتفاعی تعیین شده ۱۵۰۰ متر به بالا در حوضه آبریز، بهمن ماه به عنوان حداکثر سطح پوشش و آب معادل برف و فروردین ماه به عنوان حداقل های این مقادیر در پاطن دوره زمانی یاد شده تعیین گردیدند . با استفاده از الحاقیه Modeler در نرم افزار Erdas Imagine در هر سال سطوح پوشش برف ماندگار تا پایان فروردین مشخص شدند و در ادامه سال هایی را که ماندگاری برف آنها تا پایان فروردین ماه ادامه می یافت انتخاب و مجددا با کمک الحاقیه Modeler ماندگارترین مکان‌ها و ذخیره گاههای برفی در سطح حوضه آبریز در طی این چند سال تعیین ش دند. شکل شماره (۴) تصویر ماندگار سطح پوشش برف در تراز ارتفاعی ۱۵۰۰ متر به بالا را طی این چند سال نشان می‌دهد.



شکل(۴): تصویر مکان تعیین‌شده سطح پوشش برف به رنگ سفید با ماندگاری طولانی در محیط Erdas Imagine

جهت نمایش بهتر مکان های برفی تعیین شده و ترکیب آن با لایه های تأثیرگذار، این تصاویر به محیط GIS وارد شده و با لحاظ تأثیرات لایه های مانند شیب، جهت شیب، فاصله از روستاها و سرشاخه‌های اصلی رودخانه، در انتها خروجی‌ها با فرمت Kmz به محیط Google Earth منتقل می‌شوند. نمونه‌هایی از نقشه های تهیه شده در اشکال شماره (۵) نشان داده شده‌است.



شکل (۵): نقشه‌های تهیه شده از مکان‌های ماندگار سطح پوشش برف به رنگ آبی در محیط Google Earth

۴- بحث و نتیجه‌گیری

شناسایی منابع برفی در حوضه های آبریز در اکثر گزارشات تهیه شده توسط مشاوران مرتبط با امور آب یا دیده نمی‌شود یا با نگاهی گذرا از کنار آن رد می شوند. در این تحقیق با توجه به اهمیت موضوع و نقشی که تصاویر ماهواره ای در برآورد وسعت پوشش و آب معادل برف جهت شناسایی مکان های برفی با ماندگاری طولانی دا رند،به شناسایی این مناطق پرداخته شد. تجزیه تحلیل‌ها با استفاده از انواع مختلف نرم افزارها خصوصا نرم‌افزارهای RS و GIS انجام گردید، در انتها نیز برای نمایش بهتر، خروجی‌ها به محیط Google Earth منتقل شدند.

سطوح تعیین شده پوشش برف در یکی از زیرحوضه های اصلی حوضه آبریز ناورود به نام زیرحوضه کوره رود قرار دارد. این زیرحوضه با مساحتی بالغ بر ۲۸/۸ کیلومتر مربع در بالاترین تراز ارتفاعی حوضه قرار دارد. نتایج نشان داد در اکثر سال ها ارتفاعات این زیرحوضه پوشیده از برف بوده و نهایتاً تا اواسط فصل بهار ماندگار خواهد بود. این مهم می‌تواند به برنامه‌ریزان

منابع آب کمک نماید تا بتوانند با استفاده از اطلاعات به دست آمده نسبت به بهره برداری بهینه از این منبع آبی خصوصا در ماههای کم‌آب حوضه (تیر و مرداد)، همت گمارند.

لذا با توجه به تجزیه و تحلیل‌های صورت گرفته می‌توان نتیجه گرفت:

۱ - استفاده از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای سطح پوشش برف و ارتفاع آب معادل برف در دستیابی به نتایج دقیق تر بسیار مثمر-ثمر می‌باشد.

۲ - بررسی‌های صورت گرفته بر روی طبقات ارتفاعی حوضه آبریز ناورود از نظر میزان سطح پوشش، آب معادل، ضخامت، چگالی و ماندگاری برف، سطوح ارتفاعی ۱۵۰۰ متر به بالا انتخابی مناسب می‌باشد.

۳ - استفاده توأمان حجم زیادی از تصاویر ماهواره ای و نرم افزارهای مختلف RS، GIS و Matlab، جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات در راستای دستیابی دقیق و سریع به نتایج کمک زیادی می کند.

۴ - با توجه به ماندگاری برف در مناطق تعیین شده در اکثر سال های دوره آماری، برنامه ریزی مناسب در جهت ذخیره و استفاده از این منبع آبی در ماههای خشک حوضه (تیر و مرداد)، الزامی می‌باشد.

۵ - بررسی تصاویر سطح برف نشان می‌دهد در سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۷ ماندگاری سطوح پوشش برف در حوضه آبریز تا اوایل ماه فروردین و در بقیه سال‌های دوره آماری نیز حداکثر تا اواسط اردیبهشت ماه بوده است.

۶ - استفاده از تصاویر آب معادل برف با وضوح بالاتر، در دستیابی به نتایج دقیق در این تحقیق، مناسب می‌باشد.

۵- منابع

[1]Potts HL. 1937. Snow surveys and runoff forecasting from photographs. Transactions ofthe American Geophysical Union, South Continental Divide Snow-Survey Conference: 658-660.

[2]Singer F.S. and Popham R.W. (1963) Non-meteorological observations from weathersatellites. Astronautics and Aerospace Engineering, 1(3), 89–92.

[3]Carroll T., Cline D., Fall G., Nilsson A., Li L. and Rost A. (2001) NOHRSC operations andthe simulation of snow cover properties for the coterminous U.S. Proceedings of the 69thWestern Snow Conference, Sun Valley, 16–19 April 2001.

[4]Hall D.K., Riggs G.A., Salomonson V.V., Di Girolamo N.E. and Bayr K.J. (2002) MODIS Snow-Cover Products. Remote Sensing Of Environment, 83, 181-194.

[5] Klein A.G., Lee S. and Over T.M. (2001). A Comparison of MODIS and NOHRSC snowcover products for simulating streamflow using the Snowmelt Runoff Model.http://www.modis-snowice.gsfc.nasa.gov

[۶]رایگانی بهزاد.، سید جمال الدین خواجه الدین، سعید سلطانی کوپایی و سوسن براتی .(۱۳۸۷). محاسبه تغییرات پوشش برفی تهیه شده از تصاویر ماهواره ای MODIS در دوره‌های فاقد تصویر. مجله علوم آب و خاک علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی۳۳۲-۳۱۵: (۴۴)۱۳۸۷،۲۱۲.

[۷]نجفی ایگدیر ا،قدوسی ج،ثقفیان ب. و پرهمت ج (۱۳۸۶). برآورد روان‌آب ذوب برف بااستفاده RS و GIS درحوضه شهرچای ارومیه. مجله پژوهش سازندگی در منابع طبیعی، ۷۶: ۱۷۷-۱۸۵.

[8]Nagler T., Rott H., Malcher P. and Muller F. (2008). Assimilation of meteorological and remote sensing data for snowmelt runoff forecasting. Journal of Remote Sensing of Environment, 112: 1408-1420.

[9]lyapustin Alexei, Tedesco marco, wangyujie, aokiteruo, horimasahiro, kokhanovsky alexander, retrieval of snow grain size over Greenland from modis. Remote sensing of environment, 2009.