



بررسی روند تغییرات چگالی و سطح پوشش برف حوضه‌های آبریز استان گلستان

سیدمحمدحسینی، حسن فرازجو، محبوبه قلی‌نژاد، سعیده سادات حسینی

absathia@yahoo.com

hassanfarazjoo@yahoo.com

gholinejad789@yahoo.com. کارشناس ارشد عمران آب دانشگاه لامعی گرگان و کارشناس مطالعات آب‌های سطحی شرکت مشاور شمال.

s_hoseinie@yahoo.com

دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه گنبد کاووس.

چکیده:

تعیین چگالی و سطح پوشش برف در حوضه‌های آبریز به عنوان پارامترهای مهم برف‌سنجی نقش مهمی در مطالعات هیدرولوژی دارد. بنابراین پایش مکانی و زمانی چگالی و سطح پوشش برف از اهمیت زیادی برخوردار است. تصاویر ماهواره‌ای با توان بسیار بالایی قدرت تعیین این سطوح برف‌گیر را با کمترین هزینه و در کوتاه‌ترین زمان دارند. هدف این تحقیق بررسی تغییرات سطح پوشش برف و رواناب حاصل از آن در حوضه‌های آبریز استان گلستان می‌باشد. ابتدا سطح پوشش برف برای منطقه مورد مطالعه با استفاده از تصاویر سنجنده Modis ماهواره terra در بازه‌های زمانی هشت روزه استخراج و تصاویر دریافتی در محیط نرم‌افزارهای سنجش از دور و GIS مورد پردازش قرار گرفته و لایه‌های ابر، برف و سطح زمین از یکدیگر جدا شدند و سری نقشه‌های پوشش برف هشت روزه تهیه گردید. سپس اطلاعات مورد نیاز شامل تعداد پیکسل‌های برفی و ابعاد هر پیکسل استخراج و سطوح پوشش برف تهیه گردید. در مبحث چگالی برف به کمک اندازه‌گیری‌ها و نمونه‌برداری‌های صحرائی مقادیر چگالی برف در ماه‌های مختلف سال مورد پایش قرار گرفت در نهایت از تلفیق اطلاعات سطح پوشش، چگالی و مشخصات فیزیوگرافی حوضه، مقادیر آب معادل برف حوضه و رواناب حوضه محاسبه گردید. نتایج مقایسه بیانگر کاهش ۵۳ درصدی سطح پوشش و کاهش ۷۰ درصدی ارتفاع برف در سال آبی ۹۲-۹۱ نسبت به سال آبی ۹۱-۹۰ می‌باشد. همچنین چگالی برف در اندازه‌گیری‌های به عمل آمده در سال‌های مذکور از مقدار حداقل ۹ درصد تا حداکثر ۳۲ درصد در نوسان می‌باشد که در نهایت رواناب ناشی از ذوب برف برای سال آبی جاری نسبت به سال آبی گذشته ۶۷ درصد کاهش داشته است. نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند در مدیریت سدها و مخازن آبی استان به ویژه در ماه‌های خشک سال مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: برف‌سنجی، چگالی برف، سطح پوشش برف، سنجش از دور و GIS.

۱- مقدمه:

برآورد دقیق سطح پوشش و حجم آب معادل آن، به عنوان یکی از عملیات‌های محوری و اساسی در زمینه مدیریت منابع آب به ویژه در مناطقی که بارش برف سهم زیادی در نزولات جوی دارد، محسوب می‌شود. بنابراین مدل سازی ویژگی‌های سطحی بارش برف از دیدگاه هیدروکلیماتولوژی نقش بسزایی در زمینه‌های مختلف نظیر: مدیریت حوضه‌های آبریز، کنترل سیلاب، فرسایش خاک، پایش بینی خشکسالی و تامین آب مصرفی اهمیت بسزایی دارد (میدمنت، ۱۹۹۲).

بیشتر نزولات جوی در منطقه مورد مطالعه عمدتاً به صورت بارندگی می‌باشد ولی در فصل زمستان عموماً شاهد بارش برف خصوصاً در ارتفاعات می‌باشیم. با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه و رژیم بارشی حاکم بر منطقه همواره احتمال رخداد پدیده باران بر روی سطوح پوشیده از برف وجود دارد و این رخداد باعث وقوع سیلاب‌های ناگهانی و شدید در منطقه و وارد آمدن خسارات فراوان گردیده است. لذا اطلاع از سطح پوشش برف و چگالی در بازه‌های زمانی مختلف بعد از وقوع بارش برف در منطقه جهت تعیین رواناب در حوضه آبریز امری ضروری جهت مدیریت علمی این منابع می‌باشد.



پایش اصولی سطح پوشش برف، ارزیابی سطوح ذوب برف حاصله را دقیق تر نمایان می سازد. به طور کلی، انباشت و ذوب برف معمولاً با استفاده از مشاهدات زمینی مدلسازی می شود. به منظور ایجاد مدل‌های هیدرولوژیکی کارآمد و مطمئن و همچنین بهبود پیش بینی ها، دقت بیشتر، و روش های کم هزینه تر در روند برآورد مقادیر سطح پوشش برف مورد نیاز است. (بنی هاشمی، ۱۳۸۲). برخی از محققان معتقدند که داده های سنجنش از دور می تواند ارزیابی های بهتری از محدوده های پوشش برف در حوضه های آبریز نسبت به روشهای مساحی سنتی ارایه دهد (مت کالف و همکاران، ۱۹۹۹). از این رو، امروزه در روند مدیریت کارآمد منابع آبی، به کارگیری داده های سنجنش از دور با هدف کسب اطلاعات دقیق از پوشش برف به صورت عملیاتی اجرا می گردد (جوهانسون و همکاران، ۲۰۰۱).

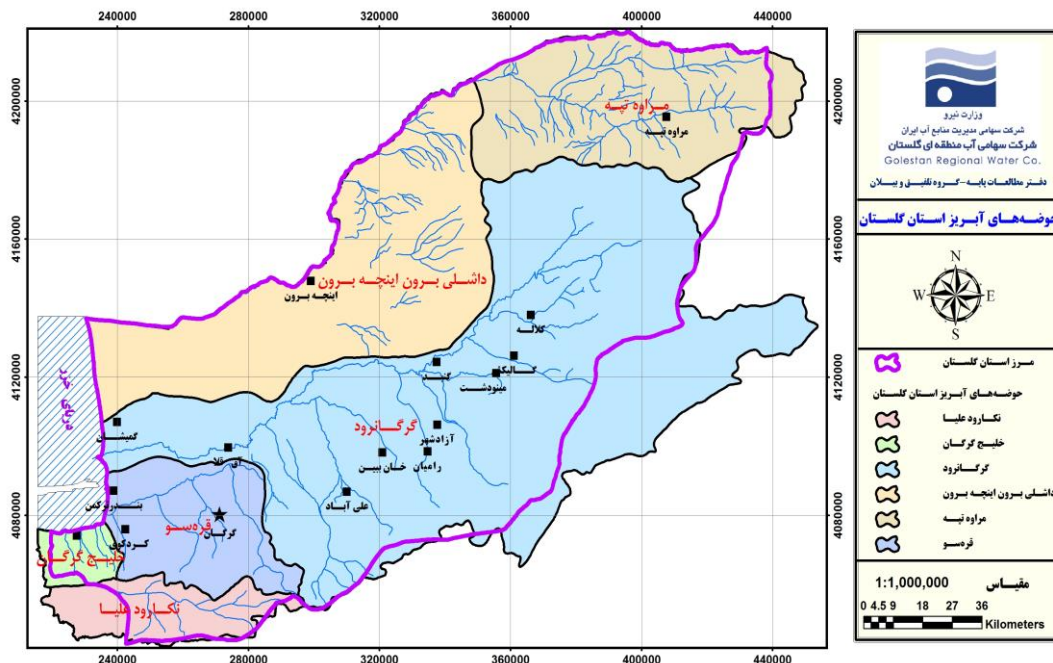
در خصوص پایش تغییرات سطح پوشش برف الگوریتمهای زیادی مبنی بر تصاویر ماهواره ای از سنجنده های Landsat، NOAA و MODIS تاکنون توسعه داده شده و به صورت عملیاتی در پایش گستره برف به کار گرفته شده اند. اما در این میان تصاویر ماهواره ای سنجنده مودیس به دلیل دارا بودن قدرت تفکیک زمانی (دوبار در روز) و قدرت تفکیک مکانی بهتر (۲۵۰ تا ۱۰۰۰ متر) و باندهای طیفی بیشتر برای این منظور مناسبتر از سایر سنجنده ها می باشد. (اشرمن و همکاران، ۱۹۹۶). حال و همکاران ثابت کردند که الگوریتم نقشه برف در شرایط پوشش برف کامل در مناطق با پوشش گیاهی کم از قبیل مراتع و علفزارها و زمینهای کشاورزی به بهترین نحو عمل می کند. در این شرایط باند دو مودیس اساساً جهت شناسایی برف مورد پردازش قرار می گیرد و شاخص NDSI (Normalize Difference Snow Index) به طور موثر ابرها را فیلتر می کند. این ابرها در برگیرنده تکه های یخ بوده و ممکن است باعث طبقه بندی نادرست پوشش برف شوند. با توجه به این معیار، در صورتی می توان نتایج شاخص NDSI را قبول کرد که میزان انعکاس باند دو بیشتر از ۱۱ درصد باشد. (هال و همکاران، ۱۹۹۷).

۲- مواد و روش ها :

۲-۱- محدوده مورد مطالعه:

استان گلستان با مساحت ۲۰۴۱۸ کیلومتر مربع شامل ۱۴ شهرستان و با جمعیت بیش از ۱۶۲۷۰۰۰ نفر در شمال کشور و ضلع شرقی دریای خزر واقع شده است. متوسط بارندگی سالانه حوضه های آبریز استان حدود ۴۵۰ میلیمتر می باشد به طوری که در ارتفاعات جنوبی تا ۹۰۰ میلیمتر و در مناطق دشتی واقع در شمال استان و نوار مرزی در حدود ۲۰۰ میلیمتر تغییر می کند. درجه حرارت متوسط سالانه در مناطق جنوبی حدود ۱۰ درجه سانتی گراد و در شمال استان تا ۱۷/۵ درجه می رسد.

پارامترهای اقلیمی به ویژه دمای حداقل، حداکثر و متوسط، تعداد روزهای یخبندان و مقادیر ریزشهای جوی از جمله مواردی است که می تواند منابع آب سطحی و زیر زمینی و توسعه کشاورزی و باغداری و ... را در این استان به شدت تحت تاثیر قرار دهد. بارش برف و انباشته شدن آن در حوضه های آبریز این استان به عنوان یک ذخیره با ارزش محسوب شده لذا بررسی کمیت، کیفیت و ذوب آن از اهمیت زیادی برخوردار است. اطلاع داشتن از خصوصیات برف مانند تجمع، جابجایی، ذوب، تبخیر، تصعید و رواناب ناشی از آن جهت برنامه ریزی و بهره برداری مناسب و به موقع، همواره مورد توجه خاص هیدرولوژیست ها و کارشناسان منابع آب می باشد.



شکل (۱-۲) محدوده حوضه های آبریز استان گلستان

۲-۲- سطح پوشش برف

برای تعیین سطح پوشش برف از دو خصوصیت متمایز برف استفاده می گردد. اول بازتاب شدید برف در بخش مادون قرمز میانی در محدوده طیفی ۰/۸۴۱ تا ۰/۸۶۷ میکرومتر و بازتاب کم برف در بخش مادون قرمز دور در محدوده طیفی ۰/۶۶۵ تا ۰/۵۴۵ میکرومتر. برای جدا سازی برف از سایر عارضه ها از قبیل ابر، زمین و آب از دو خصوصیت مذکور می توان بهره جست، بدین ترتیب که با ترکیب این دو شرط در یک شاخص نرمال شده، امکان عملیات متمایز کردن سطح برف از سایر عوارض موجود فراهم می شود. این شاخص از طریق معادله ۱ محاسبه می شود.

$$NDSI = \frac{l_4 - l_6}{l_4 + l_6} \quad (1)$$

که در این معادله

l_4 و l_6 : به ترتیب بازتابش در باند چهارم و ششم مودیس می باشند.

سطح پوشش برف به وسیله مقادیر بالای شاخص NDSI از دیگر سطوح زمینی متمایز می گردد. در جدا سازی پیکسل های برفی مقادیری که NDSI بالاتر یا مساوی ۰/۴ دارند به عنوان برف در نظر گرفته می شوند.

در الگوریتم پوشش برف در صورتی یک پیکسل را برفی تلقی خواهد نمود که میزان انعکاس باند دو بیشتر از ۱۱ درصد باشد و دیگر اینکه میزان انعکاس باند چهار حداقل ۱۰ درصد باشد که به عنوان حد پایین تشخیص و تفکیک پوشش گیاهی از برف شناخته می شود. در واقع برای پیکسل هایی که تحت عنوان برف طبقه بندی شده اند انعکاس در باند چهارم باید مساوی یا بیشتر از ۱۰ درصد باشد. در این مطالعه از تولیدات سطح برف سنجنده مودیس برای پایش تغییرات سطح برف در منطقه مورد مطالعه استفاده گردید.

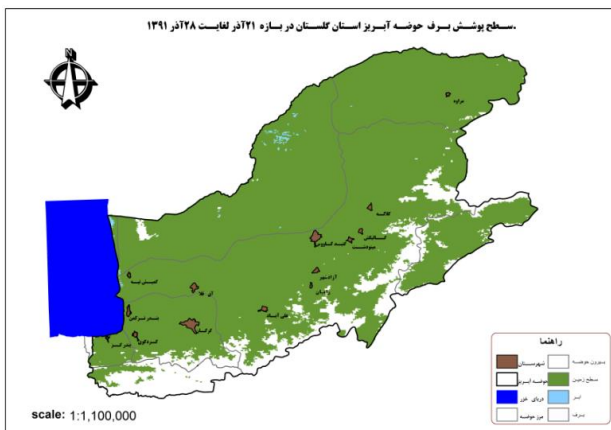
۲-۱-۲ - تولیدات سطح برف سنجنده مودیس mod10a2

این محصول بیانگر ماکزیمم سطح پوشش برف در یک دوره ۸ روزه می باشد. بدین صورت که حداکثر سطح پوشش برف در مدت زمان ۸ روز ملاک عمل قرار می گیرد. اندازه هر شیت تصویر در این تولیدات ۱۲۰۰ در ۱۲۰۰ کیلومتر و با درجه تفکیک مکانی ۵۰۰

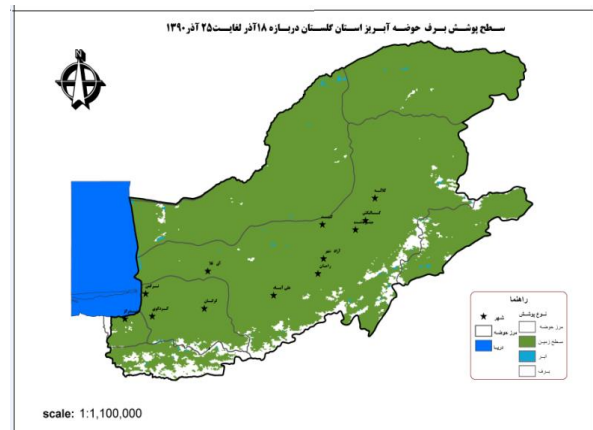
متر می باشد. تولیدات سطح برف سنجنده مودیس با استفاده از الگوریتم snow map و در گامهای زمانی روزانه و ۸ روزه تولید می گردد. الگوریتم snow map بر پایه شاخص NDSI و بازتابش باندهای دو و چهار می باشد.

۲-۳- پردازش تصاویر

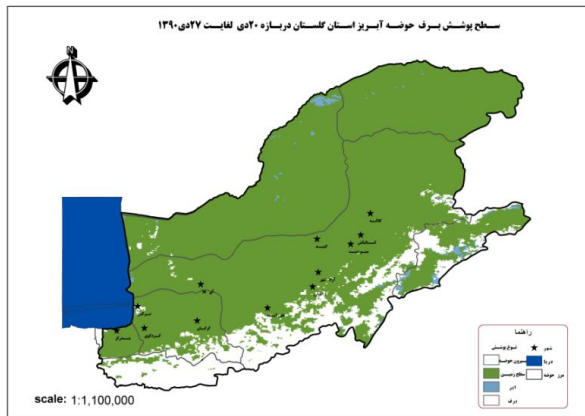
کلید عملیات پردازش تصویر شامل تبدیل سیستم مختصات، عملیات برش تصویر، جداسازی منطقه مورد مطالعه با استفاده از ابزار پردازش تصویر در محیط نرم افزارهای سنجنش از دور، صورت گرفت. پس از دریافت و ذخیره تصاویر تصاویر سطح پوشش برف ۸ روزه ماهواره MODIS (terra) در بازه زمانی مورد نظر، که به فرمت hdf می باشد برای مشاهده و تغییر فرمت این تصاویر، ابتدا فرمت تصاویر دریافتی به فرمت img تغییر داده می شوند و این تصاویر در نرم افزار سنجنش از دور قابل مشاهده می باشند. سیستم مختصات تصاویر پوشش برف تولید شده مودیس سیستم Sinusoidal می باشد که باید به سیستم مختصات لامبرت و یا اگر محدوده مورد نظر کوچکتر از یک زون باشد به سیستم متریک تبدیل گردد. این عمل باعث تبدیل واحد اندازه گیری سلولها به متر می گردد و از خطاهای احتمالی در محاسبه مساحت سطح پوشش برف جلوگیری می نماید. در نهایت عکس تولیدی به فرمت و سیستم مختصات مورد نظر تهیه و سپس محدوده استان و حوضه آبریز مورد نظر را از آن جدا شد و لایه های ابر، برف و سطح زمین از یکدیگر جدا شدند و در نرم افزار GIS مورد پردازش قرار گرفته و سری نقشه های پوشش برف ۸ روزه تهیه گردید و اطلاعات مورد نیاز شامل تعداد پیکسل های مربوط به برف و سطح هر پیکسل قابل استخراج و سطوح پوشش برف حوضه در پایان هر ماه برای ماههای آذر لغایت اسفند ماه جهت مقایسه تغییرات سطح پوشش برف در سال آبی ۹۱-۹۲ نسبت به سال آبی ۹۰-۹۱ تهیه گردید که در شکل‌های (۲-۲) الی (۲-۹) ارائه شده اند.



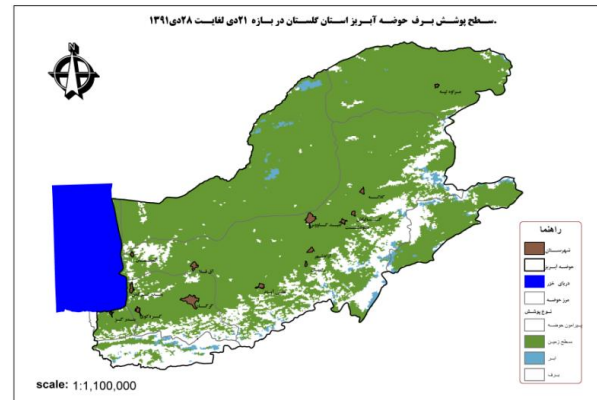
شکل (۲-۲) سطح پوشش برف در (پایان آذر ماه ۹۱)



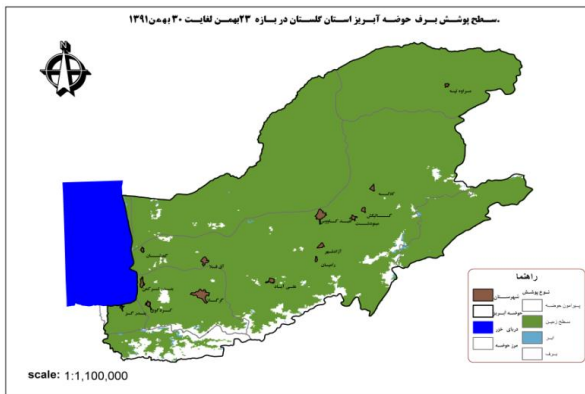
شکل (۲-۲) سطح پوشش برف در پایان آذر ماه ۹۰



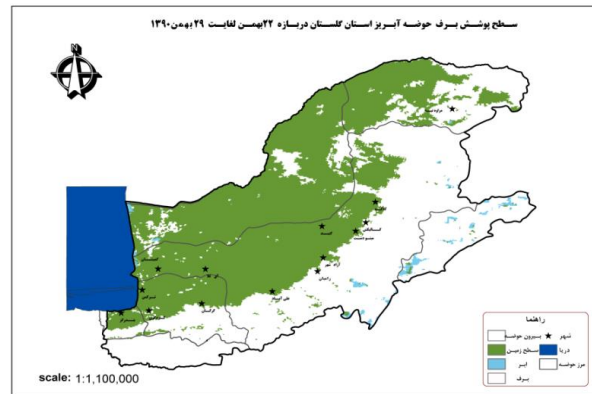
شکل (۲-۵) سطح پوشش برف در پایان دی ماه ۹۱



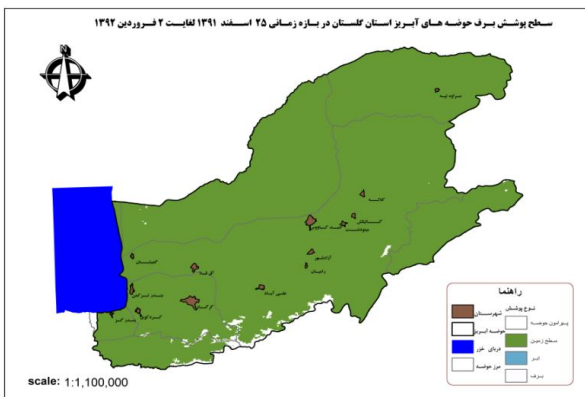
شکل (۲-۴) سطح پوشش برف در پایان دی ماه ۹۰



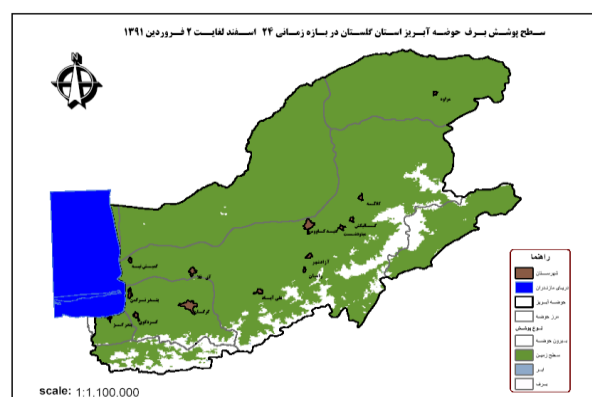
شکل (۲-۷) سطح پوشش برف در پایان بهمن ماه ۹۱



شکل (۲-۶) سطح پوشش برف در پایان بهمن ماه ۹۰



شکل (۲-۹) سطح پوشش برف در پایان اسفند ماه ۹۱



شکل (۲-۸) سطح پوشش برف در پایان اسفند ماه ۹۰

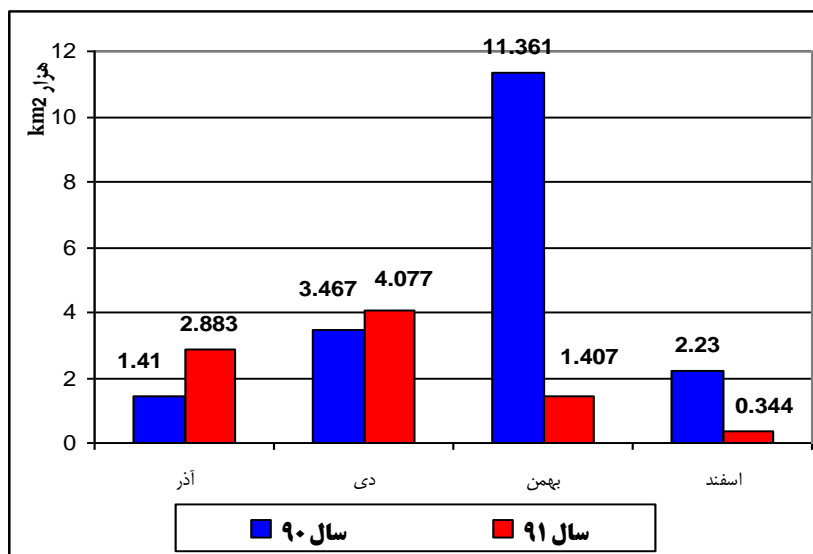
۴-۲ - تغییرات سطح پوشش برف در سالهای ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱

در این مرحله پس از تهیه نقشه سطح پوشش برف حوضه آبریز، اطلاعات مورد نیاز شامل تعداد پیکسل های مربوط به برف و سطح هر پیکسل استخراج و سطوح پوشش برف حوضه در پایان ماههای آذر ماه لغایت اسفند ماه برای سالهای ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ به همراه درصد تغییرات آنها در جدول شماره (۲-۱) ارائه شده است. همانگونه که از جدول (۲-۱) و شکل (۲-۱۰) ملاحظه می شود

آذرماه سال آبی جاری سطح پوشش افزایش ۱۰۵ درصدی نسبت به آذر سال ۱۳۹۰ داشته و در دی ماه نیز افزایش ۱۷،۵ درصدی نسبت به دی سال آبی گذشته ملاحظه می شود همچنین در بهمن ماه و اسفند ماه سال آبی جاری کاهشهای ۸۷،۶ و ۸۴،۶ درصدی نسبت به ماههای مشابه سال قبل مشاهده می شود. که به طور میانگین کاهش ۵۳ درصدی در سطح پوشش برف در حوضه های آبریز استان رخ داده است.

جدول (۱-۲) - مقادیر سطح پوشش برف ماهانه و تغییرات آن در حوضه های آبریز استان برای سالهای ۹۰ و ۹۱

ردیف	ماه	سطح پوشش برف (km ²)		درصد تغییرات
		سال ۹۰	سال ۹۱	
۱	آذر	1410	2883	104.5
۲	دی	3467	4077	17.6
۳	بهمن	11361	1407	-87.6
۴	اسفند	2230	344	-84.6



شکل (۱-۲) نمودار مقایسه سطح پوشش برف در ماههای مختلف

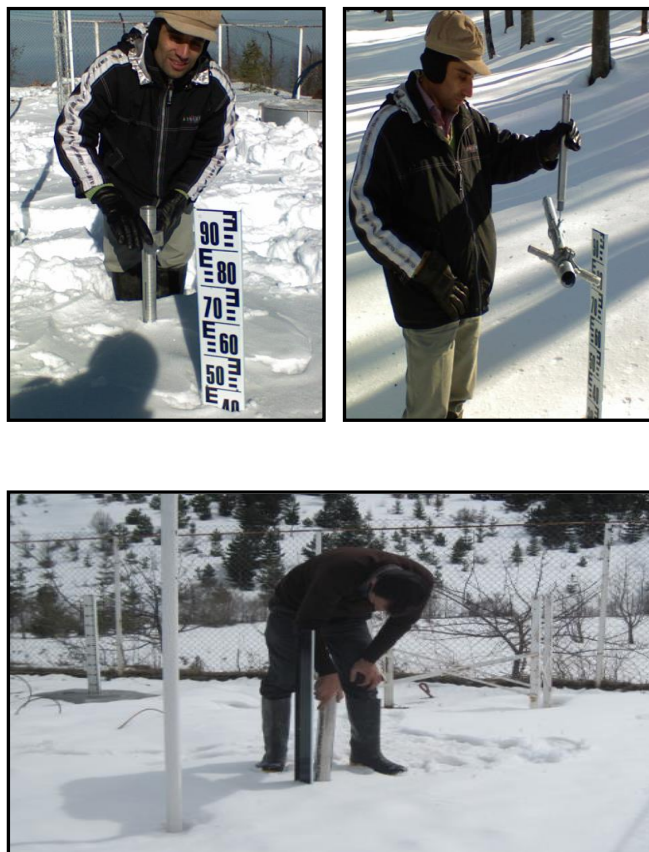
۲-۵- برف سنجی :

اندازه گیری برف در ایستگاههای برف سنجی صورت می گیرد. این ایستگاه ها در مناطق برفگیر به منظور اندازه گیری ارتفاع و وزن مخصوص برف احداث شده و از آمار آنها برای پیش بینی وقوع سیلابهای بهاره و ذخیره آب حوضه می توان استفاده نمود. محل های اندازه گیری برف باید تقریباً مسطح بوده و بادگیر نباشد. همچنین مشکلی از نظر برف گیری و آفتاب گیری نداشته باشد و حدود ۱۰۰ متر قطر داشته و به خوبی نشان دهنده ارتفاع برف آن قسمت باشد و مقدار برف را بیشتر یا کمتر از مقدار متوسط منطقه نشان ندهد و یا در کنار جاده یا مناطق مسکونی که روی ذوب برف اثر می گذارند ، قرار نگیرد. این محل های اندازه گیری باید

در ارتفاعات مختلف شناسایی و مورد استفاده قرار گیرد تا بتوان ارتفاع برف را در تمامی یک حوزه مورد مطالعه و اندازه گیری قرار داد (مهدوی ، ۱۳۷۸)

۲-۵-۱- چگالی برف :

به منظور اندازه گیری وزن مخصوص برف به کمک نمونه بردار برف سنجی ، لوله ای آلومینیومی را به طور عمودی به داخل برف فرو کرده و این عمل را در نقاط معینی در محل ایستگاه انجام می دهند تا بعدا میانگین اندازه گیری ها بدست آید. از روی شکاف باریکی که در امتداد طولی لوله قرار دارد و کنار آن مدرج است، می توان ارتفاع برف را قرائت کرد و سپس با اندازه گیری وزن لوله همراه برف با یک نیرو سنج و آگاهی از وزن اولیه لوله، وزن برف بدست می آید. با در نظر گرفتن وزن مخصوص آب برابر یک، می توان گفت که وزن برف به دست آمده که همان وزن آب معادل است ، برابر حجم نیز می باشد و اگر این حجم را به سطح مقطع لوله نمونه برداری تقسیم کنیم، ارتفاع آب معادل به دست می آید که از تقسیم ارتفاع آب معادل بدست آمده بر ارتفاع برف چگالی برف محاسبه می شود. همچنین با برداشت حجم معینی از توده برف توسط نمونه بردار و ذوب آرام آن ، می توان حجم آب معادل برف را بدست آورد. در جدول (۲-۲) خلاصه اطلاعات مربوط به برف سنجی و چگالی برف در ماههای نمونه برداری ارائه شده است.



شکل (۲-۱۱) مراحل مختلف برداشت نمونه و تعیین چگالی برف



ششمین همایش ملی آب‌خیزداری و مدیریت منابع آب و خاک بهمن ماه ۱۳۹۲



جدول (۲-۲) مقادیر متوسط ارتفاع و چگالی برف در ماههای مورد اندازه گیری در سالهای ۹۰ و ۹۱

تاریخ نمونه برداری	ارتفاع متوسط برف سانتی متر	ارتفاع آب معادل برف سانتی متر	چگالی درصد
دی ۹۰	23	2.9	12.6
بهمن ۹۰	46.1	6.1	16
اسفند ۹۰	76.7	13.6	21
آذر ۹۱	11	1.33	12
دی ۹۱	30.3	3.65	12.86
بهمن ۹۱	30	4.7	15.7
اسفند ۹۱	16.7	4.2	22.8

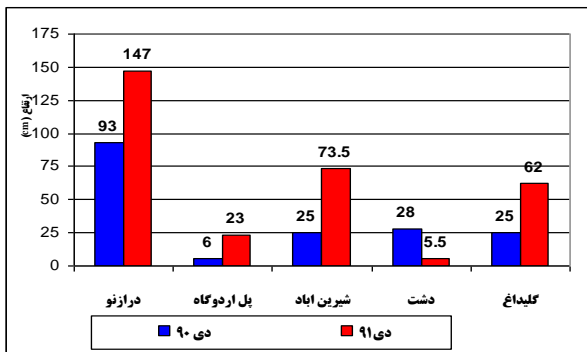
۳- بحث

۱-۳ - ارتفاع برف ماهانه و سالانه در سالهای ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱

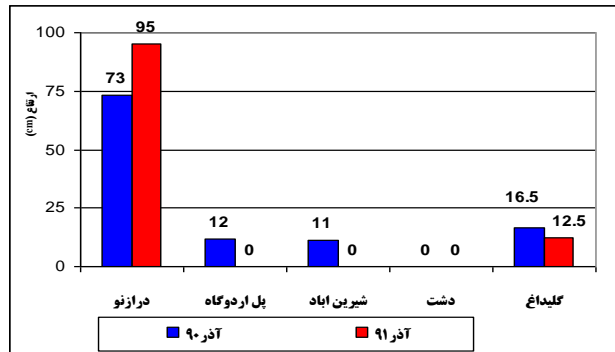
مقادیر ارتفاع برف تازه در محل ایستگاه های برف سنجی در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۹۱ در ماههای مختلف به همراه درصد تغییرات سالانه آن در جدول شماره (۱-۳) و شکلهای (۱-۳) الی (۵-۳) ارائه شده است. مطابق جدول (۱-۳) در سال ۱۳۹۱ در تمامی ایستگاهها ارتفاع برف کاهش داشته است که بیشترین کاهش در ایستگاه دشت با ۹۷٫۶ درصد و کمترین کاهش با ۴۹٫۸ درصد در ایستگاه درازنو رخ داده است. که به طور میانگین کاهش ۷۰ درصدی برای ارتفاع برف در محل ایستگاه های برف سنجی مشاهده می شود.

جدول (۱-۳) - مقادیر ارتفاع برف و تغییرات آن در حوضه های آبریز استان برای سالهای ۹۰ و ۹۱

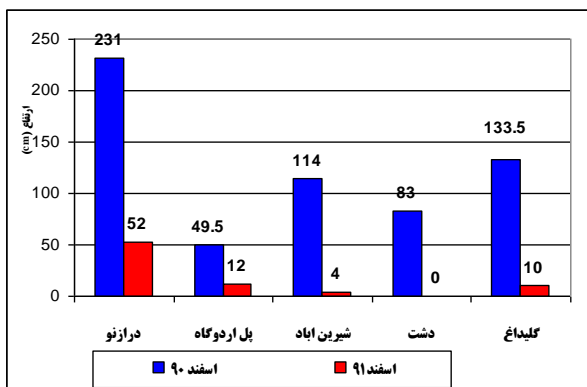
ردیف	ایستگاه برف سنجی	ارتفاع برف (cm)									درصد تغییرات		
		آذر ۹۰	آذر ۹۱	دی ۹۰	دی ۹۱	بهمن ۹۰	بهمن ۹۱	اسفند ۹۰	اسفند ۹۱	مجموع ۹۰		مجموع ۹۱	
۱	درازنو	73	95	93	147	451	132	231	52	231	848	426	-49.8
۲	پل اردوگاه	12	0	6	23	50	0	49.5	12	49.5	117.5	35	-70.2
۳	شیرین اباد	11	0	25	73.5	200	0	114	4	114	350	77.5	-77.9
۴	دشت	0	0	28	5.5	120.5	0	83	0	83	231.5	5.5	-97.6
۵	گلیداغ	16.5	12.5	25	62	8.5	2	133.5	10	133.5	183.5	86.5	-52.9



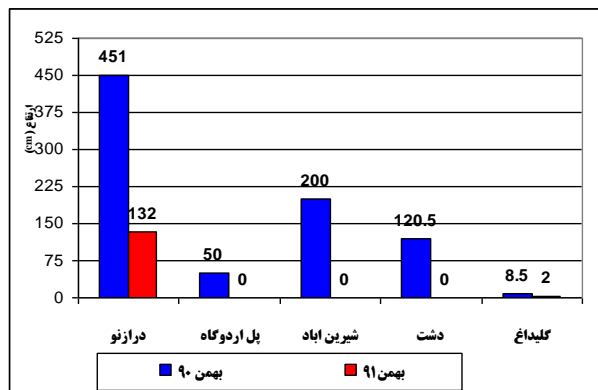
شکل (۲-۳) تغییرات ارتفاع برف دی ماه سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱



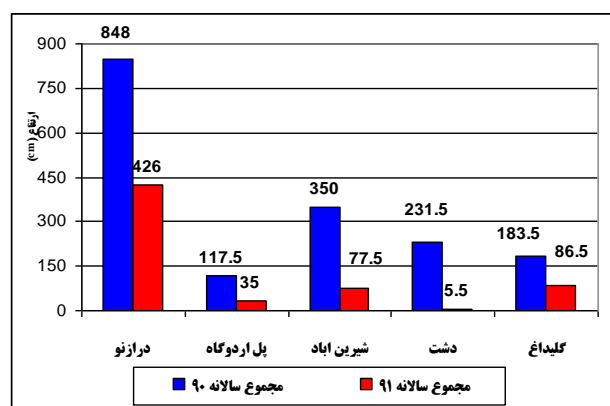
شکل (۱-۳) تغییرات ارتفاع برف آذر ماه سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱



شکل (۴-۳) تغییرات ارتفاع برف اسفند ماه سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱



شکل (۳-۳) تغییرات ارتفاع برف بهمن ماه سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱



شکل (۵-۳) تغییرات ارتفاع برف سالانه در سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱

۲-۳ - بررسی تغییرات رواناب حاصل از برف ماهانه و سالانه در سالهای ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱

در این مبحث از تلفیق اطلاعات سطح پوشش و چگالی و با استفاده از مشخصات فیزیوگرافی حوضه و تعیین ضریب رواناب حوضه، مقادیر آب معادل برف حوضه و رواناب حوضه در پایان هر ماه برای سالهای مورد نظر محاسبه گردید رواناب حاصل از بارش را می توان بر حسب ارتفاع یا حجم توصیف کرده و به روشهای مختلف برآورد نمود. رابطه بین بارش و رواناب بر خلاف تصور همیشه خطی نیست مگر این که نگهداشت سطحی (S: عامل مربوط به نگهداشت آب در سطح زمین) در حوضه ناچیز باشد (CN=100) اما

برای حوضه هایی که در آنها نگهداشت سطحی زیاد است اولاً این رابطه به صورت یک منحنی نمایی است ، ثانیاً با افزایش نمایه S منحنی از مرکز مختصات فاصله گرفته و بخش زیادی از بارش بدون آنکه جاری شود در سطح حوضه نگهداشته می شود. در عمل ضریب رواناب حوضه بعنوان درصدی از بارش که به رواناب تبدیل می شود مشخص و ارتفاع رواناب با فرمول زیر محاسبه می شود.

$$R = C.P \quad (2)$$

که در آن C ضریب رواناب ، p مقدار ارتفاع بارش و R مقدار ارتفاع رواناب است . ضریب رواناب بستگی به خصوصیات فیزیکی حوضه داشته و مقدار آنرا می توان از جدول (۲-۳) نیز تخمین زد. (علیزاده ، ۸۳) .

جدول (۲-۳) ضریب رواناب (c) در حوضه های مختلف

نوع پوشش سطح حوضه	شیب زمین	
	۱۰-۳۰ %	۵-۱۰ %
ارضای مرتعی		
خاک شنی لومی		۰,۱
خاک رسی لومی	۰,۱۶	۰,۳
خاک رسی سنگین	۰,۳۶	۰,۴
ارضای جنگلی	۰,۲۲	۰,۵۵
خاک شنی لومی	۰,۴۲	۰,۲۵
خاک رسی لومی	۰,۶۰	۰,۳۵
خاک رسی سنگین	۰,۳	۰,۵۰
ارضای کشاورزی	۰,۵	
خاک شنی لومی	۰,۶	۰,۴
خاک رسی لومی		۰,۳
خاک رسی سنگین		۰,۵
ارضای شهری	۰,۵۲	۰,۷
۳۰ % آسفالت	۰,۷۲	
۵۰ % آسفالت	۰,۸۲	۰,۴
۷۰ % آسفالت		۰,۵۵
		۰,۶۵
		۰,۸۰

با استفاده از طبقه بندی خاک و شیب زمین و به کمک جدول (۲-۳) ضریب رواناب حوضه تعیین و سپس به کمک روابط زیر مقادیر حجم آب معادل کل سطح پوشش و روانایی که تولید خواهد شد محاسبه شد .

$$V = ((A \times 10^6) \times (H \times 10^{-2})) \times 10^{-6} \quad (3)$$

که در این رابطه

V : حجم آب معادل بر حسب میلیون متر مکعب

A : سطح پوشش برف بر حسب کیلومتر مربع

H : ارتفاع آب معادل برف (چکالی) بر حسب سانتی متر می باشد

$$W = V \times C \quad (4)$$

که در آن

W : پتانسیل تولید رواناب بر حسب میلیون متر مکعب

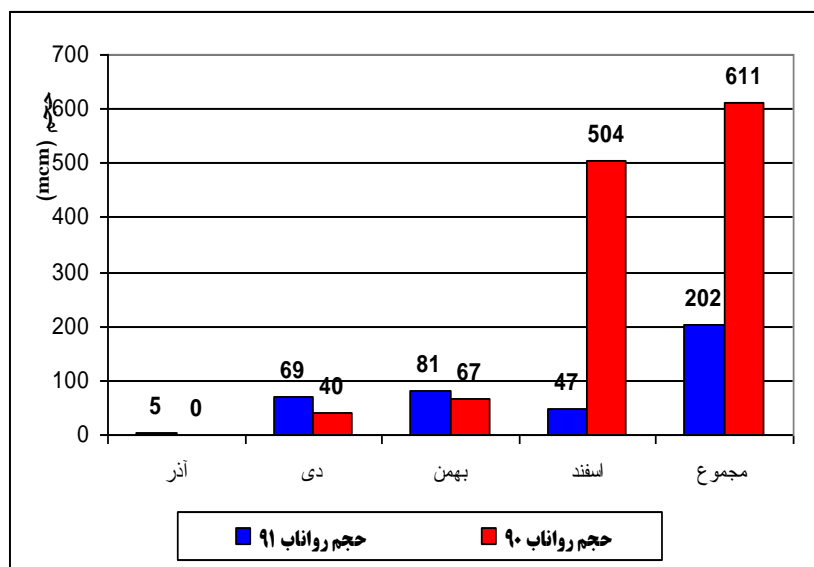
V : حجم آب معادل بر حسب میلیون متر مکعب

C : ضریب رواناب حوضه می باشد.

جدول (۳-۳) مقادیر حجم آب معادل حاصل از برف ذخیره شده در پایان هر ماه و همچنین پتانسیل تولید رواناب در هر ماه برای سالهای ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ ارائه شده است. مطابق جدول (۳-۳)، حجم کل آب معادل از برف ذخیره در پایان هر ماه بدون محاسبه تلفات و نفوذ محاسبه شده برای سال ۱۳۹۰ برابر ۱۱۳۲ میلیون متر مکعب و برای سال ۱۳۹۱ برابر ۲۶۷٫۵ میلیون متر مکعب می باشد همچنین مجموع پتانسیل رواناب تولیدی در سال ۱۳۹۰، ۶۱۱ میلیون متر مکعب و در سال ۱۳۹۱، ۲۰۲ میلیون متر مکعب برآورد شده است که از مقایسه سال آبی جاری نسبت به سال قبل کاهش ۶۷ درصدی در میزان رواناب مشاهده می شود.

جدول (۳-۳) : مقادیر رواناب و تغییرات آن در حوضه های آبریز استان برای سالهای ۹۰ و ۹۱

ماه	سطح پوشش برف (km ²)		حجم آب معادل حاصل از ذخیره برفی (mcm)		پتانسیل تولید رواناب (mcm)		روند تغییرات
	91	90	91	90	91	90	
آذر	2883	1410	38	40	5	12	-58.3
دی	4077	3467	149	100	69	40	72.5
بهمن	1407	11361	66	690	81	67	20.9
اسفند	344	2230	14.5	302	47	504	-90.7
مجموع			267.5	1132	202	623	-67.6



شکل (۳-۶) تغییرات حجم رواناب برف ماهانه و سالانه در سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱



۴- نتیجه گیری :

تعیین چگالی و سطح پوشش برف در حوضه های آبریز به عنوان پارامترهای مهم برف سنجی نقش مهمی در مطالعات هیدرولوژی دارد.

۱- همانگونه که از جدول (۲-۱) و شکل (۲-۱۰) ملاحظه می شود آذرماه سال ۹۱ سطح پوشش افزایش ۱۰۵ درصدی نسبت به آذر سال ۱۳۹۰ داشته و در دی ماه نیز افزایش ۱۷,۵ درصدی نسبت به دی سال ۹۰ ملاحظه می شود همچنین در بهمن ماه و اسفند ماه سال ۹۱ کاهشهای ۸۷,۶ و ۸۴,۶ درصدی نسبت به ماههای مشابه سال ۹۰ مشاهده می شود. که به طور میانگین کاهش ۵۳ درصدی در سطح پوشش برف در حوضه های آبریز استان رخ داده است.

۲- مطابق جدول (۳-۱) در سال ۱۳۹۱ در تمامی ایستگاهها ارتفاع برف کاهش داشته است که بیشترین کاهش در ایستگاه دشت با ۹۷,۶ درصد و کمترین کاهش با ۴۹,۸ درصد در ایستگاه درازنور رخ داده است. که به طور میانگین کاهش ۷۰ درصدی برای ارتفاع برف در محل ایستگاه های برف سنجی مشاهده می شود.

۳- مطابق جدول (۳-۳) ، حجم کل آب معادل حاصل از ذخیره برفی در پایان هر ماه بدون محاسبه تلفات و نفوذ محاسبه شده برای سال ۱۳۹۰ برابر ۱۱۳۲ میلیون متر مکعب و برای سال ۱۳۹۱ برابر ۲۶۷,۵ میلیون متر مکعب می باشد همچنین مجموع پتانسیل تولید رواناب در سال ۱۳۹۰ ، ۶۱۱ ، میلیون متر مکعب و در سال ۱۳۹۱ ، ۲۰۲ ، میلیون متر مکعب برآورد شده است که از مقایسه سال آبی جاری نسبت به سال قبل کاهش ۶۷ درصدی در میزان رواناب مشاهده می شود.

نتایج این پژوهش نشان می دهد که با تلفیق تصاویر ماهواره ای و عملیات میدانی برف سنجی می توان، پایش مکانی و زمانی چگالی و سطح پوشش برف را به نحو مطلوبی انجام داد و اطلاعات حاصله می تواند در مدیریت سدها و مخازن آبی استان به ویژه در ماههای خشک سال و یا پیش بینی سیلاب حاصل از ذوب برف مورد استفاده قرار گیرد.

منابع:

- ۱- بنی هاشمی، س.م. ۱۳۸۲. مدل سازی هیدرولوژیکی حوضه آبخیز با استفاده از داده های ماهواره ای، پایان نامه کارشناسی ارشد ، مرکز GIS و سنجش از دور دانشگاه تبریز.
- ۲- دفتر مطالعات پایه شرکت مدیریت منابع آب ایران. ۱۳۸۹. دستورالعمل تهیه نقشه و محاسبه سطح پوشش برف منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره ای. ۱۲ صفحه.
- ۳- راهنمای NASA - Modis brochures .
- ۴- سایت سازمان ناسا Nsidc.org .
- ۵- علیزاده، ا. ۱۳۸۳. اصول هیدرولوژی کاربردی ، انتشارات آستان قدس رضوی.
- ۶- فاتحی مرج، ا. و حافظی، س. ۱۳۸۳. سنجش از دور در هیدرولوژی ، انتشارات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، ۱۹۵ صفحه.
- ۷- مهدوی، م. ۱۳۷۸. هیدرولوژی کاربردی ، جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران.
- 8- A cherman S., Baum B., Frey R ., Gumley G., Menzel P., Moeller c., Ischaff c., Riggs G.A., Strabala I., and Welch R., 1996. Discriminating clear-sky from cloud with MODIS Algorithm theoretical Basis Document (MOD35), Version3.0.
- 9- Johansson . B.,Caves,R.,Ferguson, R. and Turpin,O.(2001), Using Remote sensing data to update the simulated snow pack of the HBV run off model,proceedings symposium of Remote sensing and Hydrological 2000,santa Fe ,New Mexico, USA
- 10- Hall D.K., Klein A.G., and Riggs G.A., 1998. Improving the MODIS Global Snow-Mapping Algorithm. IEEE International Geoscience and Remote Sensing proceedings.
- 11- Maidment , D.R.(1992) .,Hand book of Hydrology , McGraw-Hill, Inc,New York, USA .
- 12- Metcalfe , R .A. and Buttle,J.M.(1999) ,Semi-distributed Water balance dynamics in a small Boreal Forest Basin , Jornal of Hydrology, vol. 226 .