

سطح پوشش برف از روی تصویر ماهواره ای IRS مربوط به تاریخ دیگری از سال آبی مورد مطالعه برآورد گردیده و سپس براساس معیارهای RMSE، RE و QE صحت سنجی مدل انجام گرفت که نتایج مقدار معیار RMSE را برای مدل دو و چند متغیره به ترتیب برابر ۰/۲ و ۰/۱ نشان داد.

واژه‌های کلیدی: ذوب برف، مدل‌های آماری، مدیریت منابع آب، تصاویر IRS و حوزه آبخیز زرینه رود

برآورد رواناب ناشی از ذوب برف با استفاده از تصاویر ماهواره ای IRS و کاربرد مدل‌های آماری (مطالعه‌ی موردی: حوزه‌ی آبخیز زرینه رود)

محمد سیدی علم‌آباد^۱، حمیدرضا مرادی^۲ و محمدرضا قنبرپور^۳
تاریخ دریافت: ۸۸/۵/۲۷ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۲/۱۱

مقدمه

آب بزرگ‌ترین سرمایه طبیعی بشمار می‌آید، لذا در حفظ و بهره‌وری بهینه از آن باید نهایت سعی و دقت را نمود. آب نقش مهم و زیر بنایی در پیشرفت و توسعه‌ی جوامع به عهده دارد و با وجود فراوانی آب در سیاره‌ی زمین، پراکنش زمانی و مکانی آن موزون نمی‌باشد. به گونه‌ای که بسیاری از جوامع به دلیل موقعیت جغرافیایی ویژه‌ی خود از مشکل کمبود آب رنج می‌برند [۴]. کشور ایران به دلیل قرار گرفتن در کمربند خشک بیابانی دارای کمبود منابع آب است. اگرچه این مشکل از گذشته‌های دور نیز وجود داشته است، ولی امروزه با فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و رشد و توسعه‌ی شهرنشینی و افزایش سریع جمعیت و تقاضا برای آب، این کمبود بیش از پیش احساس می‌گردد. این موضوع اهمیت مطالعه‌ی منابع آب را مبتنی بر حوزه‌های آبخیز آشکار می‌سازد. بر اساس بررسی‌های انجام گرفته حدود ۶۰ درصد آب‌های سطحی و ۵۷ درصد آب‌های زیرزمینی کشور در مناطق برف گیر قرار داشته و از آب حاصل از ذوب برف تغذیه می‌کنند [۳ و ۱۰]. تمرکز دبی ناشی از ذوب برف طی فصل بهار و اوایل تابستان نه تنها باعث ایجاد سیلاب شده و مناطقی وسیع را زیر سیل می‌برد بلکه باعث هدررفت آب مورد نیاز برای اهداف آبیاری، شرب و تولید نیرو خواهد شد [۲۳]. از سوی دیگر، ذوب برف در تشکیل دبی کل رودخانه مشارکت دارد به همین دلیل برآورد رواناب ناشی از ذوب برف اهمیت زیادی دارد [۱۳]. ضریب انعکاسی بالای برف به همراه پراکنش سطحی بالای آن تاثیر زیادی بر بیلان تابشی زمین دارد [۱۴]. بیش تر روش‌های کارآمد پایش ۴ گستره‌ی برفی با استفاده از پایش از راه دور به وسیله‌ی ماهواره‌ها می‌باشد [۱۴]. خوشبختانه ویژگی‌های فیزیکی برف، پایش این پدیده را از راه سنجش از دور

چکیده

با توجه به امکان پذیر نبودن اندازه‌گیری ویژگی‌های برف در مناطق کوهستانی به دلیل صعب‌العبور بودن، با بکارگیری تصاویر ماهواره ای IRS و استخراج داده‌های پوشش برفی در حوزه‌های آبخیز می‌توان با استفاده از مدل‌های آماری شامل مدل‌های رگرسیون دو و چند متغیره رواناب ناشی از ذوب برف را برآورد نمود که در مدیریت منابع آب کاربردی فراوان دارد. این پژوهش در حوزه‌ی آبخیز زرینه رود به دلیل برخورداری از موقعیتی ویژه در تامین حجم شایان توجهی از آب مصرفی استان آذربایجان غربی انجام شد. در این پژوهش افزون بر یافته‌های ناشی از سنجش از دور از داده‌های زمینی بدست آمده از ایستگاههای کلیماتولوژی، برف سنجی و هیدرومتری واقع در حوزه‌ی آبخیز زرینه رود نیز بمنظور ارائه مدل‌های رگرسیونی برای تعیین آورد رودخانه‌ها استفاده شده است. نتایج بدست آمده از ارزیابی دقت مدل رگرسیونی چند متغیره با استفاده از دو معیار دقت کمی شامل ضریب تبیین (R^2) و تفاضل حجم (DV)، مقدار این معیارها را برای سه ماه مورد مطالعه از سال آبی ۲۰۰۶-۲۰۰۷ در حوزه‌ی آبخیز زرینه رود به ترتیب برابر ۰/۹۴ و ۱۳/۴۸- نشان داد. ارزیابی مدل دو متغیره با استفاده از این دو معیار نیز، مقدار این معیارها را در همین بازه زمانی به ترتیب برابر ۰/۸۱ و ۱۹/۳۶- نشان داد. برای انجام صحت سنجی مدل‌های آماری،

۱- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، مازندران
m_saedi1225@yahoo.com

۲- نویسنده مسئول و استادیار دانشکده‌ی منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، گروه مهندسی آبخیزداری، مازندران morady5hr@yahoo.com

۳- استادیار دانشکده‌ی منابع طبیعی دانشگاه ساری، گروه مهندسی آبخیزداری، مازندران

سمادنی [۲۰] با استفاده از مدل بیلان آب رواناب ناشی از ذوب برف را برای ماههای اکتبر تا فوریه در دو حوزه ی Valuoja و Gimdalsbyn سوئد شبیه سازی نمود. نتایج نشان داد که شبیه سازی در حوزه ی آبخیز Valuoja در مقایسه با Gimdalsbyn بهتر انجام گرفت و ضریب همبستگی در حوزه ی Valuoja و Gimdalsbyn به ترتیب برابر ۰/۸۵ و ۰/۵۵ بدست آمد.

در ایران نیز نجفی و همکاران (۱۳۸۳) رواناب ناشی از ذوب برف را با استفاده از مدل SRM برای حوزه ی آبخیز سد مهاباد با ضریب رگرسیون و اختلاف حجمی به ترتیب ۰/۸۵ و ۳/۷۹- درصد برآورد نموده و دقت شبیه سازی را در حد قابل قبول ارزیابی نمودند. همچنین آذره دشت (۱۳۸۴) رواناب ناشی از ذوب برف را با استفاده از فناوری سنجش از دور و روش ها GIS برای حوزه ی آبخیز رودخانه ی قزل اوزن مدل سازی کرد. نتایج نشان داد که مدل SRM در پیش بینی جریانات روزانه در حوزه ی آبخیز رودخانه ی قزل اوزن قابلیت بالایی دارد. مدل های پیش بینی ذوب برف هر کدام برای نیازهای ویژه و شرایط هیدرولوژیکی مشخصی توسعه یافته اند. مدل های خیلی کمی می توانند در شرایط گوناگون هیدرولوژیکی بکار برده شوند. از جمله مدل هایی که به صورت رایج در مسایل مربوط به برف بکار برده می شوند شامل مدل^۴ SAARR (1972)،^۵ SRM (1975)،^۶ NWSRFS (1973)،^۷ PRMS (1983) می باشد که برخی از این مدل ها از جمله مدل SRM به صورت گسترده ای هم در شبیه سازی و هم برای پیش بینی رواناب ذوب برف استفاده شده اند [۱۵]. با توجه به این که نوآوری بکار رفته در این پژوهش اولا استفاده از تصاویر ماهواره ای IRS-P6 با عرض تصویربرداری وسیع و قدرت تفکیک مکانی و رادیومتری بالا نسبت به سایر تصاویر بکار رفته در زمینه ی برآورد سطح پوشش برف می باشد و از لحاظ دقت برآورد سطح پوشش برف در سطحی بالا قرار گرفته است که تاکنون در ایران از این تصاویر در این زمینه استفاده نشده است و از سوی دیگر، دوره ی تکرار تصویربرداری در تصاویر ماهواره ای IRS-P6 حدود یک ماه می باشد و تصاویر استفاده شده در این پژوهش کل فصل بارش برف از ماه دسامبر تا ماه مارس را در بر می گیرد، بنابراین دقت برآورد رواناب بدست آمده در سطح نسبتا خوبی قرار گرفته است. ضمن این که استفاده از مدل های آماری در برآورد رواناب ذوب برف از دیگر نوآوری های این پژوهش بشمار می آید که تاکنون در این زمینه در ایران انجام نگرفته است. هدف از انجام این پژوهش برآورد رواناب روزانه ی ناشی از ذوب برف با استفاده از تصاویر ماهواره ای IRS-P6 و با کاربرد مدل های رگرسیونی دو و چند متغیره در حوزه ی آبخیز زرینه رود می باشد. همچنین ارزیابی میزان دقت مدل های رگرسیونی دو و چند متغیره در

ممکن ساخته است [۱۴]. از داده های سنجش از دور در بررسی سطح پوشش برف و ویژگی های هیدرولوژیکی حوزه های آبخیز استفاده های زیادی شده است [۱۷]. در سالهای اخیر استفاده از ماهواره ها به ویژه ماهواره های هواشناسی توانسته است اطلاعات مفیدی راجع به رطوبت هوا، رطوبت خاک، وجود ابرهای باران زا، محل ریزش آن ها و تشکیل مناطق پرفشار و کم فشار در اختیار بشر قرار دهد. دست یابی به داده های برف سنجی مناطق مرتفع از ضرورت و اهمیتی بسیار زیاد برخوردار بوده است. برداشت زمینی داده های یاد شده نیازمند وجود شبکه ای متراکم از ایستگاههای برف سنجی است که نه تنها از لحاظ اجرایی با مشکلاتی مواجه است، بلکه از لحاظ اقتصادی نیز سرویس دهی و نگهداری آن ها مقرون به صرفه نمی باشد [۴]. امروزه فناوری سنجش از دور، از راه تصویربرداری پیوسته، دستیابی به داده های یاد شده را امکان پذیر ساخته است. ماهواره بهترین وسیله ای است که می تواند پوشش برفی مناطق وسیعی را که با روش های زمینی تعیین محدوده ی آن ها امکان پذیر نیست، در زمان های گوناگون نشان دهد [۲۱ و ۲]. به دلیل این که هر یک از سنجنده های دورسنجی از مزایا و محدودیتی ویژه برخوردارند، بهتر است در تعیین سطح پوشش برف از چند سنجنده^۱ استفاده شود [۴]. در مجموع داده های مناطق پوشیده از برف گرفته شده از ماهواره ها ویژه در حوزه ها که پوشش برف موقتی دارند، بسیار مفید است [۲].

رانگو و همکاران [۱۹] با استفاده از یک روش ساده پردازش تصویر در تصاویر NOAA مساحت پوشش برف را طی سال های ۱۹۶۹ - ۱۹۷۳ در حوزه های آبخیز رودخانه های سند و کابل در پاکستان و افغانستان تعیین کردند و توانستند بین مساحت پوشش برف در حوزه ی آبخیز و دبی رودخانه رابطه ای معنی دار پیدا کنند. رامورتی [۱۸] نقش سطح مناطق پوشیده از برف (SCA)^۲ در برآورد رواناب فصل ذوب برف را بررسی نموده و مدل رگرسیونی خطی مربوط به آن را با استفاده از درصد مناطق پوشیده از برف برای حوزه ی SATLEG هندوستان ارائه کرد. هاولی و همکاران به نقل از مک کوپین [۱۶]، از مدل های رگرسیونی در برآورد رواناب فصل ذوب برف استفاده نمودند. فصل برف دوره ای تلقی شد که بیش ترین حجم رواناب ذوب برف در آن فصل به وقوع پیوسته بود. نتایج نشان داد که دقت مدل های رگرسیونی با افزایش طول دوره آماری به ویژه برای دوره های بالاتر از ۶۰ روز ارتباط معنی داری دارد. در ارتباط با استفاده از تصاویر ماهواره ای IRS، گوپتا و همکاران [۱۳] با کمک تصاویر ماهواره ای IRS^۳ در هندوستان مناطق با پوشش برفی خشک را از تر جدا کردند. در مقایسه بین پوشش برف خشک اندازه گیری شده با روش های زمینی و پوشش برف خشک برآورد شده از روش حرارتی، مقدار اختلاف از ۱/۷ درصد تا ۴۲/۷ درصد مشاهده شد.

4- Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation

5- Snowmelt- Runoff Model

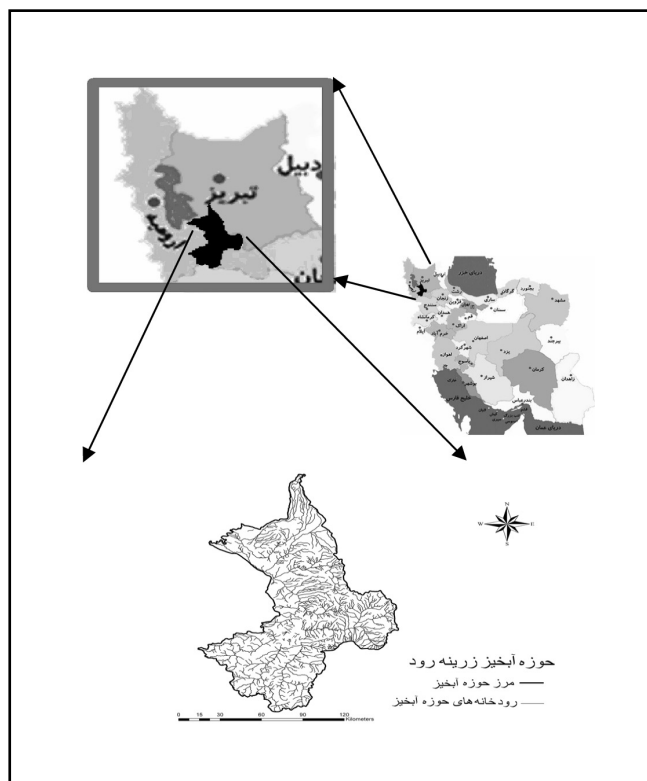
6- National Weather Service River Forecast System

7- Precipitation Runoff Modeling System

1- Multisensor

2- Snow Covered Areas

3- Indian Remot Sensing



شکل ۱ - نقشه‌ی موقعیت جغرافیایی حوزه‌ی آبخیز زرينه رود در استان و کشور

ایجاد تصاویر طبقه بندی شده IRS

تصاویر IRS استفاده شده در این پژوهش از سنجنده Awifs از سری ماهواره‌ی منابع زمینی هندوستان IRS-P6 می‌باشد. این تصاویر از قدرت تفکیک طیفی بالایی برخوردار بوده و برای تهیه‌ی نقشه‌های پوشش برف مناسب هستند. مشخصات ماهواره IRS-P6 در جدول (۱) آمده است [۶]. برای تعیین سطح پوشش برف (SCA) حوزه‌ی آبخیز زرينه رود در فصل بارش برف در سال آبی ۲۰۰۶-۲۰۰۷، از سه تصویر ماهواره‌ی IRS مربوط به روزهای بیستم دسامبر، هفدهم ژانویه و یکم فوریه استفاده گردید. تصحیح هندسی^۱ چهار باندهر کدام از این تصاویر در محیط نرم افزار atica-geom PCI ۱.۹ با بیش از ده نقطه‌ی کنترل زمینی^۲ و با روش نزدیک ترین همسایه^۳ در سیستم مختصات متریک^۴ و با خطای جذر میانگین مربعات^۵ کم تر از ۰/۵ انجام گرفت. تصاویر ماهواره‌ی IRS تصحیح شده به داخل نرم افزار ۱.۳ ILWIS وارد گردید و هیستوگرام حاصل از ترکیب باندهای هر تصویر ترسیم گردیده و

- 1- Geometric Correction
- 2- Ground Control Point
- 3- Nearest neighbour
- 4- UTM
- 5- RMSE

برآورد رواناب روزانه ناشی از ذوب برف و مقایسه‌ی نتایج بدست آمده از آن‌ها با یکدیگر در حوزه‌ی مورد نظر، از دیگر اهداف این پژوهش است. منطقه‌ی مورد مطالعه در این پژوهش در بخش مواد و روش‌ها تشریح گردیده و همچنین چگونگی ایجاد تصاویر طبقه بندی شده IRS، عملیات تحلیل مکانی جهت استخراج محدوده‌ی حوزه‌ی آبخیز زرينه رود، تهیه‌ی نقشه‌های پوشش برف از تصاویر طبقه بندی شده IRS، برآورد رواناب روزانه‌ی ناشی از ذوب برف با استفاده از مدل‌های رگرسیونی دو و چند متغیره و در نهایت ارزیابی و صحت سنجی این مدل‌ها نیز در این بخش مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بدست آمده از تصاویر ماهواره‌ی IRS و همچنین نتایج بدست آمده از مدل‌های رگرسیونی در بخش نتایج آورده شده و در بخش بحث و نتیجه گیری مورد تحلیل قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

حوزه‌ی آبخیز رودخانه‌ی زرينه رود (سد بوکان) در شمال غربی ایران و در جنوب شرقی دریاچه‌ی ارومیه واقع شده است (شکل ۱). این حوزه‌ی آبخیز در مختصات جغرافیایی ۴۵ - ۴۵ تا ۱۵ - ۴۷ طول شرقی و ۳۰ - ۳۵ تا ۴۵ - ۳۶ عرض شمالی گسترده شده است. مساحت حوزه‌ی آبخیز زرينه رود حدود ۱۳۸۹۰ کیلومتر مربع است. سد مخزنی زرينه رود روی رودخانه‌ی زرينه رود در استان کردستان و در فاصله‌ی ۸۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان میاندوآب و در شرق شهرستان بوکان احداث شده است. رودخانه‌ی زرينه رود از دامنه‌های شمالی کوه‌های چهل چشمه در نزدیکی مرز عراق سرچشمه گرفته و پس از جمع‌آوری جریان‌های سطحی تعدادی از شاخه‌های مهم مانند ساروق چای، خورخوره چای، سقزچای و آجرلو از جنوب به سمت شمال جریان یافته و در نهایت به دریاچه‌ی ارومیه می‌ریزد [۷]. میانگین سالانه‌ی بارندگی حوزه‌ی آبخیز زرينه رود حدود ۵۲۷ میلیمتر برآورد شده و بیشترین بارندگی در ماه‌های اسفند تا اردیبهشت است که حدود ۴۷ درصد از بارش سالانه را در بر گرفته و تنها ۷ درصد از بارندگی در ماه‌های خرداد تا مهر انجام می‌گیرد. میانگین سالانه‌ی دما در محل سد زرينه رود ۱۲/۴ درجه‌ی سانتی‌گراد برآورد شده که از حدود ۱/۸ - درجه‌ی سانتی‌گراد (بهمن ماه) تا ۲۶/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد (مردادماه) متغیر است.

حوزه آبخیز سد بوکان دارای اقلیمی نیمه خشک و از نوع سرد کوهستانی می‌باشد. از لحاظ وضعیت برف خیزی منطقه، درصد بالایی از مقادیر بارش‌های سالانه، بویژه در فصل‌های پاییز و زمستان، به صورت برف ریزش می‌کند [۵] و با توجه به عملکرد سامانه‌های جوی سینوپتیک حاکم در منطقه و نقش توپوگرافی محلی، حد پایداری عنصر برف در طول سال، بویژه در مناطق مرتفع حوزه‌ی آبخیز، نسبت به سایر مناطق جغرافیایی کشور متفاوت

آنالوگ شامل ۲۷ شیت نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱/۵۰,۰۰۰ به فرمت رقومی جهت استخراج محدوده‌ی حوزه و تعیین خط برف، ایجاد مدل رقومی ارتفاع^۹ (شکل ۶) و استخراج محدوده‌ی حوزه‌ی آبخیز زرینه رود انجام گرفت. در این مرحله به ترتیب عملیات تغییر فرمت داده‌ها، تلفیق لایه‌ها، اعمال تصحیحات هندسی، استخراج پارامترهای هیدرولوژیکی (از جمله تعیین محدوده‌ی حوزه آبخیز و شبکه‌ی آبراهه‌ها) صورت پذیرفت [۵].

تهیه نقشه‌های پوشش برف از تصاویر IRS

بمنظور ایجاد نقشه‌ی پوشش برف حوزه‌ی آبخیز زرینه رود، نقشه‌ی مرز حوزه‌ی آبخیز پس از یکسان‌سازی سیستم مختصات با تصاویر طبقه بندی شده منطقه، روی این تصاویر قرار گرفته و برش داده شد و به این ترتیب نقشه‌های پوشش برف حوزه‌ی آبخیز مربوط به تاریخ‌های ذکر شده از روی تصاویر ماهواره‌ای IRS تهیه گردید [۱۰، ۲ و ۸]. در این مرحله با هدف کاهش نقش بازتابش پیکسل‌های منفرد از فیلتر بارزسازی اکثریت^{۱۰} استفاده شد [۵]. گفتنی است که نقشه‌ی برفی نهایی در فرمت باینری بوده و از منطقی بولین پیروی می‌کند و در این مدل، کل تصویر به دو پهنه‌ی برفی و بدون برف طبقه بندی شد. با توجه به این که سطح پوشش برف مهم ترین عامل در برآورد رواناب روزانه ناشی از ذوب برف با استفاده از مدل‌های آماری دو و چند متغیره است، دقت نقشه‌های طبقه بندی شده، با استفاده از میزان رواناب بدست آمده از مدل و مقایسه‌ی آن با رواناب اندازه گیری شده‌ی حوزه‌ی آبخیز بدست آمد.

کاربرد مدل‌های آماری

برای برآورد رواناب روزانه ناشی از ذوب برف از متغیرهای سطح پوشش برف، شاخص درجه-روز و رواناب روزانه اندازه گیری شده حوزه‌ی آبخیز زرینه رود در ایستگاه سد بوکان که خروجی حوزه‌ی آبخیز می‌باشد، استفاده شد. موقعیت ایستگاههای سینوپتیک و برف سنجی حوزه‌ی آبخیز زرینه رود بر روی نقشه‌ی مناطق شهری در شکل (۲) نشان داده شده است. به این منظور از داده‌های ماههای دسامبر، ژانویه و فوریه از سال آبی ۲۰۰۶-۲۰۰۷ استفاده شد. برای یک جامعه‌ی آماری معادله‌ی رگرسیون خطی دو متغیره به صورت رابطه‌ی $y = a + bx$ می‌باشد که در آن a و b ضرایب رگرسیون، x متغیر مستقل و y نیز متغیر وابسته می‌باشد. با برآورد ضرایب a و b معادله‌ی رگرسیون خطی دو متغیره مشخص خواهد شد و در این صورت میزان تغییرات y بر حسب تغییرات x به صورت کمی در می‌آید (۹). برای برآورد رواناب روزانه ناشی از ذوب برف از راه مدل رگرسیون خطی دو متغیره، ابتدا لازم است که سطح پوشش برف برای سایر روزهایی که تصاویر ماهواره‌ای IRS برداشت نشده است برآورد گردد. بدین منظور رابطه‌ی رگرسیونی به

9- Digital Elevation Model

10- Majority Filter

همبستگی بین باندهای گوناگون این تصاویر مورد بررسی قرار گرفت. برای انجام بارزسازی^۱ مناسب ترین ترکیب از باندهای هر تصویر که بیشترین وضوح و تباین^۲ را در تصویر ایجاد نمودند با توجه به همبستگی بین باندها انتخاب و برای ایجاد تصاویر ترکیبی^۳ IRS استفاده گردید. بمنظور انجام طبقه بندی تصاویر از روی هر کدام از این تصاویر نمونه‌های طیفی^۴ تهیه شد [۱]. نمونه‌های طیفی مربوط به هر تصویر، امکان طبقه بندی پیکسل‌های موجود در تصویر را فراهم نمود.

جدول ۱- ویژگی‌های سنجنده‌های گوناگون از ماهواره IRS-P6

IRS-P6			نام ماهواره
AWIFS	LISS-III	LISS-IV	نام سنجنده
۶۰-۷۰	۲۳/۵	۵/۸	توان تفکیک مکانی (متر)
۷۰۰	۱۴۰	۲۳/۹	عرض تصویر برداری (کیلومتر)
۴	۴	۳	تعداد باندها
۰/۵۲-۰/۵۹	۰/۵۲-۰/۵۹	۰/۵۲-۰/۵۹	محدوده طیفی (میکرون)
۰/۶۲-۰/۶۸	۰/۶۲-۰/۶۸	۰/۶۲-۰/۶۸	
۰/۷۷-۰/۸۶	۰/۷۷-۰/۸۶	۰/۷۷-۰/۸۶	
۱/۵۵-۱/۷۰	۱/۵۵-۱/۷۰		
۱۰- Bit	۷- Bit	۷- Bit	توان تفکیک رادیومتری

به دلیل قدرت تفکیک مکانی بالای تصاویر ماهواره‌ای IRS، از روی نمونه‌های طیفی ایجاد شده از هر تصویر با استفاده از روش طبقه بندی نظارت نشده^۵ و کلاستر بندی^۶ تصویر، پیکسل‌های موجود در تصویر طبقه بندی گردیدند. در این حالت پیکسل‌های تصویر در دو طبقه^۷ به صورت برف و غیر برف طبقه بندی شدند [۱]. به این ترتیب تصویر طبقه بندی شده^۸ تشکیل گردید که در آن برف از غیر برف تفکیک شده است.

عملیات تحلیل مکانی

در محیط نرم افزار Arc GIS 9.2 مراحل آماده سازی داده‌ها انجام گرفته و عملیات تحلیل مکانی نظیر تبدیل نقشه‌های توپوگرافی

- 1- Image Enhancement
- 2- Contrast
- 3- Map list
- 4- Sample Set
- 5- Unsupervised Classification
- 6- Clustering
- 7- Cluster
- 8- Mapcluster

نام ایستگاه	ارتفاع	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
آتیان	۱۴۵۰	۴۶°۳۰'	۳۶°۱۳'
صفاخان	۱۴۷۵	۴۶°۳۲'	۳۶°۲۵'
قبقلو	۱۵۰۰	۴۶°۱۰'	۳۶°۱۱'
سد بوکان	۱۵۲۰	۴۶°۳۲'	۳۶°۲۵'
آلاسقل	۱۷۵۰	۴۷°۰۲'	۳۶°۲۹'
چارتاغ	۲۵۰۰	۴۷°۱۷'	۳۶°۲۸'
شیخ چوپان	۱۸۰۰	۴۵°۵۴'	۳۶°۱۴'
گور بابا	۲۲۱۰	۴۶°۵۲'	۳۶°۱۴'
مقانجق	۱۵۰۰	۴۶°۲۵'	۳۷°۲۰'

برآورد شده از رگرسیون در مرحله ی قبل، در این معادله رواناب ناشی از ذوب برف به صورت روزانه برای تمامی روزهای مربوط به ماههای دسامبر، ژانویه و فوریه از سال آبی ۲۰۰۶-۲۰۰۷ برآورد شد [۱۸]. معادله ی رگرسیون خطی چند متغیره با بیش از دو متغیر پیش بینی که مدل درجه ی اول خطی با $p-1$ متغیر پیش بینی نامیده می شود به صورت رابطه ی زیر است:

$$b_2 x_2 + b_1 x_1 + b_0 = y$$
 که در آن a, b_1, b_2 و b_{p-1} ضرایب رگرسیون و x_1, x_2, \dots, x_{p-1} متغیرهای مستقل و y نیز متغیر وابسته می باشد. در صورت برآورد ضرایب رگرسیونی در این معادله، معادله ی رگرسیون خطی چند متغیره بدست خواهد آمد که در آن میزان تغییرات y بر حسب تغییرات متغیرهای پیش بینی x_1, x_2, \dots, x_{p-1} به صورت کمی در می آید (۹). بر این اساس افزون بر مدل رگرسیون دو متغیره، ارتباط بین متغیرهای شاخص درجه - روز، میانگین درجه حرارت روزانه و سطح پوشش برف با رواناب روزانه حوزه به صورت مدل رگرسیون چند متغیره نیز بدست آمد.

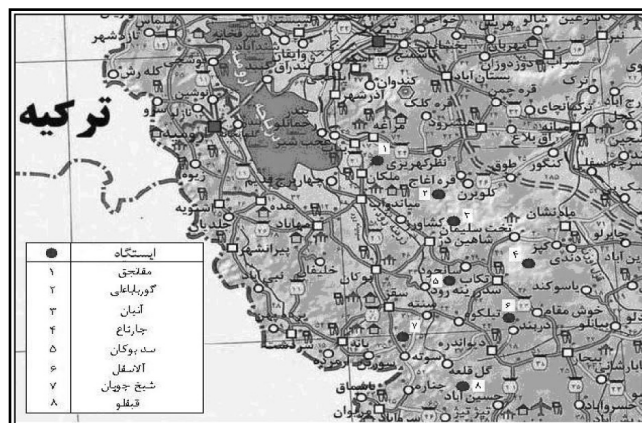
ارزیابی و صحت سنجی مدل های آماری

رواناب روزانه ی محاسبه شده از راه مدل رگرسیونی با رواناب روزانه اندازه گیری شده حوزه ی آبخیز، به وسیله ی دو معیار دقت کمی شامل ضریب تبیین (R^2) و تفاضل حجم (DV) مورد مقایسه قرار گرفته [۲۳؛ ۲۲ و ۱۵] و دقت مدل دو و چند متغیره در برآورد رواناب خروجی حوزه مورد بررسی قرار گرفت. این ضرایب از راه روابط ۲ و ۳ قابل محاسبه هستند.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_i')^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2} \quad (2)$$

که در آن: Q_i دبی رواناب روزانه اندازه گیری شده، Q_i' دبی

صورت خطی بین سطح پوشش برف بدست آمده از تصاویر ماهواره ای IRS با رواناب روزانه اندازه گیری شده ی حوزه ی آبخیز زرينه رود مربوط به همان روزها در ایستگاه سد بوکان و در محیط نرم افزار ۵.۱۱ SPSS برقرار گردید [۱۸].



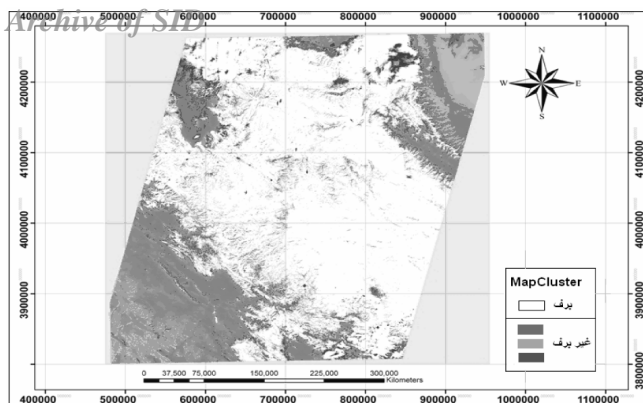
شکل ۲ - موقعیت ایستگاه های سینوپتیک و برف سنجی حوزه ی آبخیز زرينه رود بر روی نقشه مناطق شهری

با قرار گرفتن رواناب اندازه گیری شده کلیه روزها در این رابطه سطح پوشش برف برای سایر روزهای این سه ماه برآورد شد [۱۸]. چگالی برف همانند دیگر ویژگی های برف در طی سه روز در ماههای گوناگون از فصل ریزش برف در ایستگاه سد بوکان اندازه گیری شده و شاخص درجه - روز ۲۷ برای هر ماه عدد مشخصی را نشان می دهد [۱۵]، بنابراین برای هر یک از ماههای دسامبر، ژانویه و فوریه با توجه به چگالی برف اندازه گیری شده در این ایستگاه، این شاخص از راه رابطه ی ۱ بدست آمد:

$$\alpha = 1.1 \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} \right) \quad (1)$$

که در آن: α شاخص درجه - روز بر حسب سانتی متر بر درجه سانتی گراد در روز، ρ_s و ρ_w به ترتیب چگالی برف و چگالی آب بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب می باشند. برخی از ویژگی های ایستگاههای سینوپتیک و برف سنجی حوزه ی آبخیز زرينه رود شامل ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی این ایستگاهها در جدول (۲) آورده شده است.

بین مقادیر شاخص درجه - روز محاسبه شده و سطح پوشش برف بدست آمده از تصاویر ماهواره ای IRS ارتباط برقرار گردید. از سوی دیگر، ارتباط بین همین مقادیر شاخص درجه - روز با دبی رواناب روزانه اندازه گیری شده در روزهای مربوط به تصاویر ماهواره ای IRS نیز بدست آمد. از تلفیق این دو رابطه، رابطه ی نهایی بدست آمد که این معادله ارتباط بین سطح پوشش برف و دبی رواناب روزانه حوزه، با توجه به شاخص درجه - روز می باشد و در آن، x سطح پوشش برف و y رواناب روزانه حوزه است. با جایگذاری مقادیر سطح پوشش برف بدست آمده از تصاویر ماهواره ای IRS و همچنین



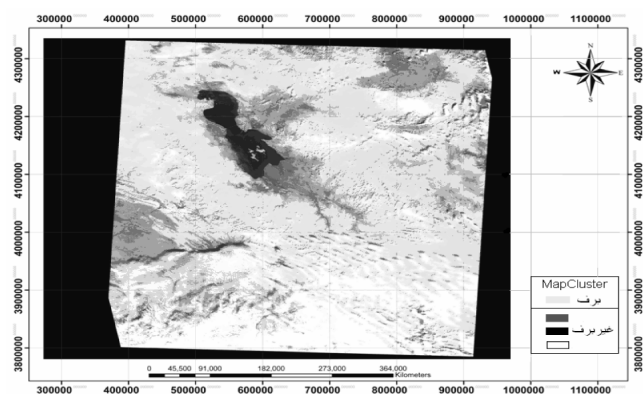
شکل ۴- تصویر طبقه بندی شده IRS منطقه مورد تحقیق در تاریخ ۲۰۰۷/۱/۱۷

روش طبقه بندی نظارت نشده و کلاستر بندی پیکسل های تصویر را نشان می دهند که در آن تصاویر در دو طبقه به صورت برف و غیر برف تفکیک گردیده اند. شکل های ۸ تا ۱۰ نقشه های پوشش برف حوزه ی آبخیز زرينه رود در تاریخ های گوناگون را نشان می دهند. از راه نقشه های پوشش برف مقادیر سطح پوشش برف حوزه ی آبخیز زرينه رود به صورت جدول (۳) بدست آمد. رابطه ی رگرسیونی خطی بین سطوح پوشش برف حاصل از تصاویر ماهواره ای IRS با رواناب روزانه اندازه گیری شده حوزه ی آبخیز زرينه رود در ایستگاه سد بوکان به صورت رابطه ی ۴ بدست آمد.

$$y = 16329/16 - x \quad 3358/17 \quad (7)$$

که در آن: (x) رواناب روزانه اندازه گیری شده و (y) سطح پوشش برف بدست آمده از تصاویر ماهواره ای IRS می باشد. میزان ضریب تبیین در این معادله برابر ۰/۸۶ بدست آمد.

با استفاده از رابطه ی ۷ از راه رواناب روزانه اندازه گیری شده در روزهای بدون تصویر، سطح پوشش برف مربوط به این روزها برآورد شد. سپس با توجه به مقادیر چگالی برف اندازه گیری شده در ایستگاه سد بوکان، شاخص درجه- روز به صورت جدول (۴) بدست آمد.



شکل ۵- تصویر طبقه بندی شده IRS منطقه مورد تحقیق در تاریخ ۲۰۰۷/۲/۱

رواناب روزانه محاسبه شده، میانگین دبی اندازه گیری فصل مورد مطالعه و n شماره دبی روزانه می باشد.

$$D_V[\%] = [(V_R - \bar{V}_R) / V_R] \times 100 \quad (3)$$

که در آن: V_R حجم سالانه یا فصلی رواناب اندازه گیری شده و \bar{V}_R حجم سالانه یا فصلی رواناب محاسبه شده می باشد. برای انجام صحت سنجی برآورد رواناب روزانه ناشی از ذوب برف با استفاده از مدل رگرسیونی، سطح پوشش برف از تصاویر ماهواره ای IRS مربوط به تاریخ بیست و پنجم فوریه از سال آبی ۲۰۰۶-۲۰۰۷ برآورد شده و در مدل های آماری بدست آمده وارد گردید و سپس با استفاده از معیارهای RE ، $RMSE$ و QE (روابط ۴، ۵ و ۶) رواناب شبیه سازی شده با رواناب واقعی حوزه مورد مقایسه قرار گرفت.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z(x_i) - \hat{z}(x_i)]^2} \quad (4)$$

که در آن $RMSE$ ، مجذور میانگین مربعات خطا؛ $z(x_i)$ ، مقدار مشاهده ای متغیر وابسته؛ $\hat{z}(x_i)$ ، مقدار تخمینی متغیر وابسته و n تعداد مشاهدات می باشند.

$$RE = \left| \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \right| \times 100 \quad (5)$$

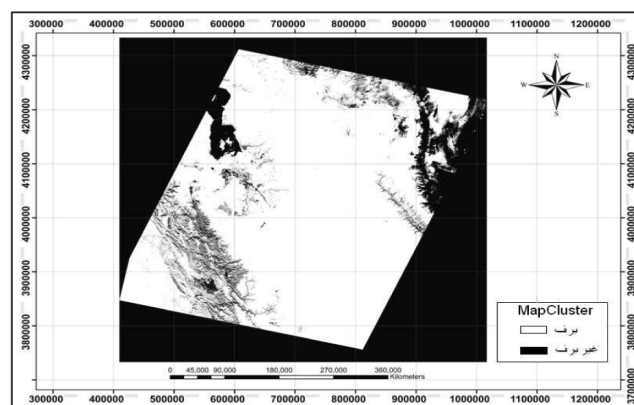
که در آن RE ، خطای نسبی؛ Y_0 ، مقدار مشاهده ای متغیر وابسته؛ Y_e ، مقدار تخمینی متغیر وابسته می باشند.

$$QE = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_0 - \bar{Q}_0) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_0 - Q_e)^2}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_0 - \bar{Q}_0)^2} \quad (6)$$

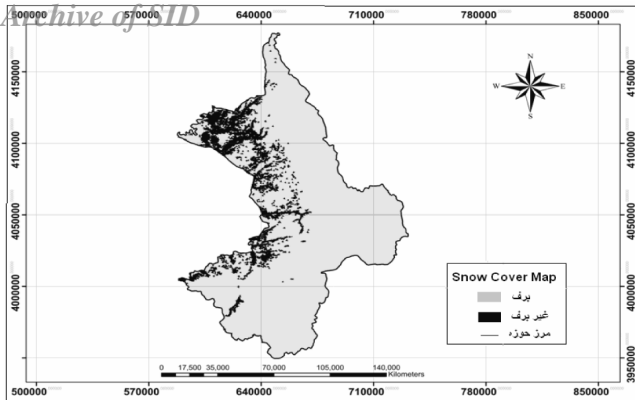
که در آن QE ، ضریب کارایی، Q_0 ، مقدار مشاهده ای متغیر وابسته؛ Q_e ، مقدار تخمینی متغیر وابسته؛ \bar{Q}_0 ، میانگین کل مقدار مشاهده ها و n تعداد مشاهدات می باشند.

نتایج

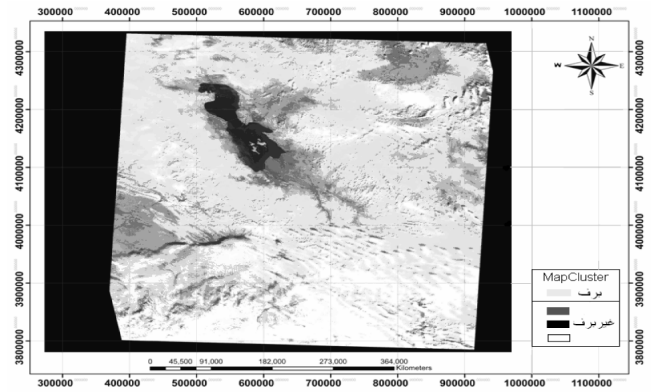
شکل های (۳) تا (۵) تصاویر طبقه بندی شده IRS با استفاده از



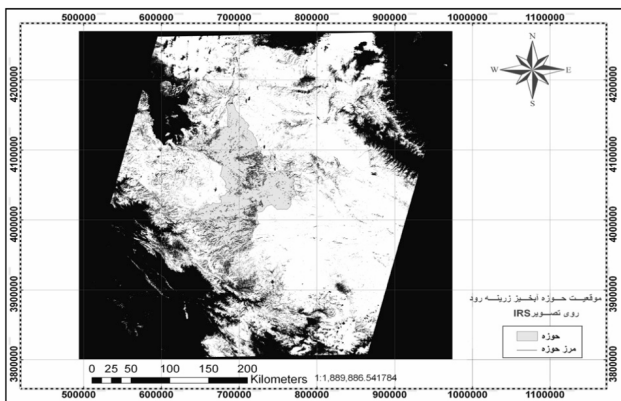
شکل ۳- تصویر طبقه بندی شده IRS منطقه مورد تحقیق در تاریخ ۲۰۰۶/۱۲/۲۰



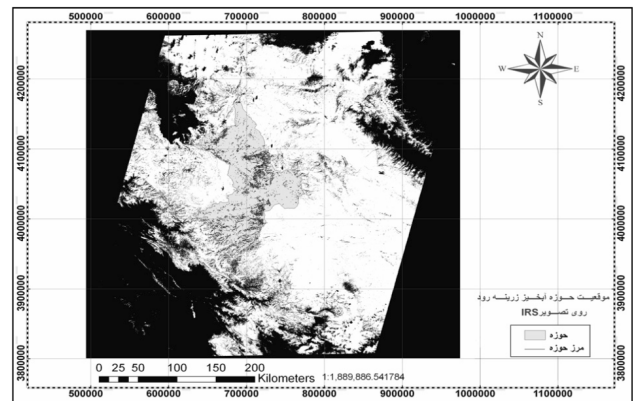
شکل ۸- نقشه پوشش برف حوزه آبخیز زرینه رود
در تاریخ ۲۰۰۶/۱۲/۲۰



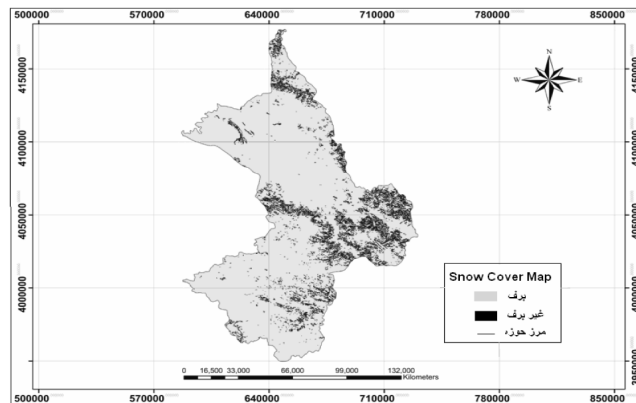
شکل ۶- نقشه مدل ارتفاعی حوزه آبخیز زرینه رود



شکل ۹- نقشه پوشش برف حوزه آبخیز زرینه رود
در تاریخ ۲۰۰۷/۱۲/۱۷



شکل ۷- موقعیت حوزه آبخیز زرینه رود در تصویر ماهواره ای IRS
در تاریخ ۲۰۰۷/۱۲/۱۷



شکل ۱۰- نقشه پوشش برف حوزه آبخیز زرینه رود
در تاریخ ۲۰۰۷/۲/۱

جدول ۳- نتایج ناشی از نقشه های پوشش برف بدست آمده از تصاویر طبقه بندی شده IRS حوزه ی آبخیز زرینه رود

زرینه رود (km ²)	برف حوزه آبخیز (cm)	روز سطح پوشش	ردیف ماه / سال
۳۴۲۴/۸۴	۲۵	فوریه / ۲۰۰۷	۱

معیار ضریب تبیین (R^2) و تفاضل حجم (D_V)، مقدار آن‌ها را برای مجموع سه ماه مورد مطالعه از سال آبی ۲۰۰۶-۲۰۰۷ در حوزه ی آبخیز زرينه رود به ترتیب برابر ۰/۸۱ و ۱۹/۳۶- نشان داد. نتایج بدست آمده از صحت سنجی مدل رگرسیون دو متغیره، با استفاده از مساحت پوشش برف حاصل از تصویر ماهواره ای IRSS (جدول ۴) در تاریخ ۲۵/۲/۲۰۰۷ (شکل ۱۱) مقدار معیار RMSE را برابر ۰/۲ نشان داد. مدل رگرسیون چند متغیره ناشی از ارتباط بین متغیرهای شاخص درجه- روز، میانگین درجه حرارت روزانه و سطح پوشش برف با رواناب روزانه حوزه به صورت رابطه ی ۱۱ بدست آمد.

(۱۱)

$y = 0.1189 + 0.064(x_1) - 0.000295(x_2) + 0.00061(x_3)$
 که در آن: y رواناب روزانه ی حوزه ؛ x_1 شاخص درجه- روز ؛ x_2 میانگین درجه حرارت روزانه و x_3 سطح پوشش برف می باشد. نتایج ارزیابی مدل رگرسیونی چند متغیره، مقدار دو معیار (R^2) و (D_V) را در همان بازه ی زمانی به ترتیب برابر ۰/۹۴ و ۱۳/۴۸- نشان داد.

همچنین نتایج بدست آمده از صحت سنجی این مدل نیز مقدار معیارهای RMSE، RE و QE را به ترتیب برابر ۰/۱۹، ۰/۲۴، و ۰/۹۹ نشان داد.

بحث و نتیجه گیری

نتایج بدست آمده از ارزیابی دقت مدل رگرسیون چند متغیره که به وسیله ی معیار دقت کمی یا ضریب تبیین (R^2) انجام گرفت، مقدار این معیار را برای مجموع ماه های دسامبر، ژانویه و فوریه از سال آبی ۲۰۰۶-۲۰۰۷ در حوزه ی آبخیز زرينه رود برابر ۰/۹۴ نشان داد و بنابراین با نتایج ناگلر و همکاران [۱۷] در برآورد رواناب ناشی از ذوب برف در چند حوزه ی آبخیز اتریش از جمله حوزه ی آبخیز VENT برای سال آبی ۲۰۰۶ با ضرایب تبیین از

بین مقادیر شاخص درجه- روز محاسبه شده و سطح پوشش برف بدست آمده از تصاویر ماهواره ای IRS ارتباط رگرسیونی به صورت رابطه ی ۵ برقرار گردید که در آن: (x) سطح پوشش برف و (y) شاخص درجه- روز می باشد. میزان ضریب تبیین در این معادله برابر ۰/۷۴ بدست آمد.

$$y = -0.00002x + 0.457 \quad (8)$$

از سوی دیگر، بین همین مقادیر شاخص درجه- روز با دبی رواناب روزانه اندازه گیری شده در روزهای مربوط به تصاویر ماهواره ای IRS نیز رابطه ای دیگر به صورت رابطه ی ۹ برقرار گردید که در آن ضریب تبیین برابر ۰/۸۲ بدست آمد.

$$y = -0.278x + 0.518 \quad (9)$$

که در آن: (x) رواناب روزانه ی اندازه گیری شده و (y) شاخص درجه- روز می باشد. از تلفیق این دو رابطه با یکدیگر، رابطه ی نهایی (رابطه ی ۱۰) بدست آمد که این رابطه ارتباط بین سطح پوشش برف و دبی رواناب روزانه حوزه ی آبخیز، با توجه به شاخص درجه- روز است و در آن: (x) سطح پوشش برف و (y) رواناب روزانه حوزه ی آبخیز می باشد.

$$y = 0.0000719x + 0.2194 \quad (10)$$

با جایگذاری مقادیر سطح پوشش برف بدست آمده از تصاویر ماهواره ای IRS و همچنین برآورد شده از رگرسیون در مرحله ی پیش، در این معادله رواناب ناشی از ذوب برف به صورت روزانه برای روزهای مربوط به ماههای دسامبر، ژانویه و فوریه از سال آبی ۲۰۰۶-۲۰۰۷ برآورد شد.

نتایج ارزیابی دقت مدل رگرسیونی دو متغیره با استفاده از دو

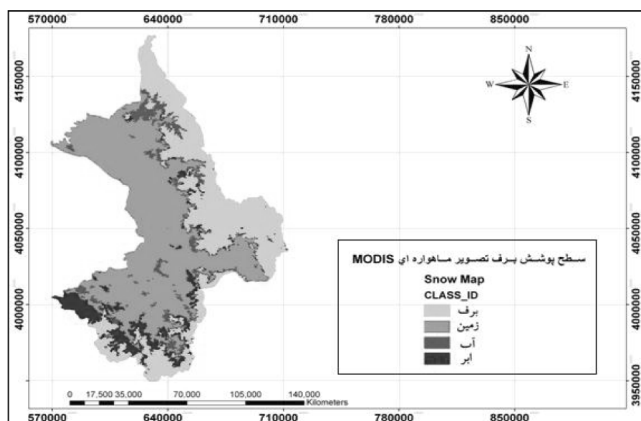
جدول ۴ - مقادیر شاخص درجه- روز برای پنج ماه از سال آبی

۲۰۰۶-۲۰۰۷

ماه	اکتبر	نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه
شاخص درجه- روز	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۲۳۳	۰/۲۴۰	۰/۳۴۰

جدول ۵- مساحت پوشش برف حاصل از تصویر ماهواره ای IRS در تاریخ ۲۵/۲/۲۰۰۷

ردیف	ماه / سال	روز	سطح پوشش برف حوزه آبخیز زرينه رود (km ²)
۱	دسامبر/ ۲۰۰۶	۲۰	۱۳۵۱۱/۴۰
۲	ژانویه/ ۲۰۰۷	۱۷	۱۲۹۳۷/۵۶
۳	فوریه/ ۲۰۰۷	۱	۷۰۲۶/۴۰



شکل ۱۱- نقشه پوشش برف حوزه آبخیز زرينه رود

در تاریخ ۲۵/۲/۲۰۰۷

۲- پرهت، ج.، ثقفیان، ج. و صدقی، ح. ۱۳۸۴. بررسی کاربرد مدل SRM در شبیه سازی رواناب حاصل از ذوب برف با استفاده از داده های ماهواره ای در حوزه های بدون آمار برف (مطالعه موردی حوزه خرسان در کارون)، مجله تحقیقات منابع آب ایران بهار ۱ (۱): ۱-۱۱.

۳- شرکت مدیریت منابع آب ایران (تماب). ۱۳۷۵. بولتن وضعیت منابع آب کشور، سال هشتم، شماره ۱۲: ۸۹ ص.

۴- جلوخانی نیارکی، م. ج. ۱۳۸۱. تهیه نقشه پوشش برف با استفاده از تصاویر AVHRR - NOAA و تکنیک های GIS (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سد کرج)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس: ۲۹۱ ص.

۵- رسولی، ع. ا. و ادھمی، س. ۱۳۸۶. محاسبه آب معادل از پوشش برفی با پردازش تصاویر سنجنده MODIS. مجله جغرافیا و توسعه. شماره ۱۰.

۶- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. ۱۳۸۷. گزارش سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح در مورد تصاویر ماهواره ای IRS: 5 ص.

۷- سیدی علم آباد، م.، مرادی، ح. ر.، قنبرپور، م. ر. و میریعقوب زاده، م. ج. ۱۳۸۷. بررسی تاثیر ارتفاع از سطح دریا بر عمق برف در حوزه آبخیز سد زرنه رود. مجموعه مقالات سومین همایش یافته های پژوهشی کشاورزی و منابع طبیعی (غرب کشور). دانشگاه کردستان.

۸- قنبرپور م. ر. ۱۳۸۴. بررسی پراکنش مکانی و زمانی سطح پوشش برف و مدل پیش بینی رواناب، پایان نامه دکتری رشته مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تهران: ۲۳۳ ص.

۹- مصداقی، م. ۱۳۸۳. روشهای رگرسیون در تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، انتشارات آستان قدس رضوی، ۲۹۰ ص.

۱۰- نجفی، م. ر.، شیخی وند، ج. و پرهت ج. ۱۳۸۳. برآورد رواناب حاصل از ذوب برف در حوزه های برف گیر با استفاده از مدل (SRM مطالعه موردی: حوزه سد مهاباد)، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۱ (۳): ۱۱۱-۱۲۱.

11- Baret, C.K.D.E.G. 1990. Satellite Remote Sensing For Operational Hydrology, issue 2: 211.

12- Clark, M.P., Slater, A.G., Barrett A.P., Hay L.E., McCabe, G.J., Rajagopalan, B. 2006. Assimilation of snow covered area information into hydrologic and land- surface models: Advances in Water Resources, 29: 1209- 1221.

13- Gupta, R.P., Haritashya, U.K. and Singh, P. 2005. Mapping dry/wet snow cover in Indian Himalayas using IRS multispectral imagery: Remote Sensing of Environment, 97: 458- 469.

14- Hall, D.K., Klein, A.G. and Riggs, G.A. 1997. Improving the AIR MODIS Global SNOW-

۰/۹۱ تا ۰/۹۶ با استفاده از مدل رگرسیون خطی چند متغیره مطابقت دارد و مشخص نمود که مدل چند متغیره در برآورد رواناب روزانه ناشی از ذوب برف با توجه به شاخص درجه- روز، میانگین درجه حرارت روزانه و سطح پوشش برف بدست آمده از تصاویر ماهواره ای IRS، از دقتی بالا برخوردار است. طول دوره آماری مورد استفاده در این پژوهش ۹۰ روز است که به تقریب کل فصل بارش برف از سال آبی ۲۰۰۶-۲۰۰۷ را در بر می گیرد و این مسئله باعث افزایش دقت مدل در برآورد رواناب روزانه ی ناشی از ذوب برف شده است. نتایج بدست آمده با یافته های هاولی و همکاران به نقل از مک کوئین [۱۶]، مبنی بر این که دقت مدل های رگرسیونی با افزایش طول دوره آماری بویژه برای دوره های بالاتر از ۶۰ روز ارتباطی معنی دارد، مطابقت می کند. نتایج بدست آمده از ارزیابی دقت مدل چند متغیره که از راه معیار دقت کمی (یا تفاضل حجم DV) انجام گرفت، مقدار این معیار را برای مجموع ماه های دسامبر، ژانویه و فوریه از سال آبی ۲۰۰۶-۲۰۰۷ در حوزه آبخیز زرنه رود برابر ۱۳/۴۸- نشان داد که با نتایج حاصل از برآورد رواناب روزانه در حوزه آبخیز آنگران^۱ در کشور ازبکستان به نقل از مارتینس و همکاران [۱۵] با تفاضل حجم (DV) برابر ۱۳/۹- مطابقت می نماید. مدل رگرسیون چند متغیره به دلیل استفاده از متغیرهای تاثیرگذار بیش تر، نتایجی بهتر نسبت به مدل رگرسیون دو متغیره داشته است. میزان دقت این مدل، استفاده از آن را بمنظور برآورد رواناب روزانه ی ناشی از ذوب برف توجیه می کند. همچنین صحت سنجی مدل رگرسیونی نیز نشان داد که در مجموع معیارهای RMSE، RE و QE استفاده از روش خوشه بندی در تصاویر ماهواره ای IRS برای محاسبه ی سطح پوشش برف و برآورد رواناب ناشی از ذوب برف با استفاده از مدل های آماری را تایید می کند. پیشنهاد می شود از مدل های آماری دو و چند متغیره در برآورد رواناب ناشی از ذوب برف برای سایر حوزه های آبخیز کشور استفاده شده و میزان دقت آن ها در این حوزه ها نیز مورد ارزیابی قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

از مسئولان محترم سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، سازمان مدیریت منابع آب تهران، سازمان هواشناسی کشور و سازمان آب منطقه ای آذربایجان غربی برای در اختیار قرار دادن داده های لازم تشکر می نمایم.

منابع

۱- آذرهره دشت، ا. ۱۳۸۴. مدل سازی رواناب ناشی از ذوب برف را با استفاده از فناوری سنجنش از دور و تکنیک های GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران، دانشگاه تهران: ۱۸۶ ص.

1- Angren

Himalayan region employing meteorological satellite snow cover observation: *Water Resources Research*, 13: 109-112.

20- Semadeni, D.A. 1997. Monthly Snowmelt modeling for large- scale climate change studies using the degree day approach: *Ecological modeling*, 101: 303-323.

21- Simpson, J.J., Stitt J.R. and Sienko, M. 1998. Improved estimates of the areal extent of snow-cover from AVHRR data, *Journal of Hydrology*, 204: 1-23.

22- Swamy, A.N. and Brivio, P.A. 1996. Hydrological modelling of snowmelt in the Italian Alps using visible and infrared remote sensing: *International Journal of Remote Sensing*, 17 (16): 3169- 3188.

23- Tekeli, A.E., Rekb, Z.A., Sormanc, A.A., Sensoyc, A. and Sorman, A.U. 2005. Using MODIS snow cover maps in modelling snowmelt runoff process in the eastern part of Turkey: *Remote Sensing of Environment*, 97: 216- 230.

Mapping Algoritme, In: *Proceedings of Symposium on IEEE International Geoscience and Remote Sensing (IGARSS97)*, 1-5 March, 1997: 619- 621.

15- Martinec, J., Rango, A. and Roberts, R. 1998. *Snowmelt runoff model (SRM) user's manual*. Geographica Bernensia, Switzerland, University of Bern, 35: 1-42.

16- McCuen, R.H. 1998. *Hydrologic Analysis and Design*, Prentice Hall Pu: 238.

17- Nagler, T., Rott, H. and Malcher, P. 2007. Florian Müller Assimilation of Meteorological and Remote Sensing Data for Snowmelt Runoff Forecasting: *Remote Sensing of Environment*, DOI: 10.1016/j.rse. 2007.07.006.

18- Ramamoorthi, A.S. 1987. Snow cover area (SCA) is the main factor in forecasting snowmelt runoff from major river basins, In: *Proceedings of the Vancouver Symposium? IAHS Publ*, 166: 187-197.

19- Rango, A., Salomonson, V.V. and Foster, J.L. 1977. Seasonal stream flow estimation in the