۲۹-۲۸ اردیبهشت ۱۳۹۰
زنجان - شرکت آب منطقه ای زنجان
دومین کنفرانس ملی
پژوهشهای کاربردی منابع آب ایران

تعیین سهم رواناب حاصل از ذوب برف در آورد سالیانه حوضه آبریز ناورود با استفاده از تصاویر ماهواره ای دما و پوشش برف و مدل هیدرولوژیکی SRM

خسرو تاجداری [۱] ،مجید وظیفه دوست [۲]

۱- کارشناسی ارشد اقلیم شناسی در برنامه ریزی محیطی ،شرکت آب منطقه ای گیلان

۲- دکترای منابع آب ،دانشگاه گیلان ،دانشکده کشاورزی ،گروه مهندسی منابع آب

Email: Khosro1taj@gmail.com

چکیده

تعیین سهم رواناب حاصل از ذوب برف در حوضه های آبریز با رژیم برفی و برفی بارانی از دغدغه های اکثر کارشناسان منابع آب کشور می باشد که تا کنون برآورد آن به دلیل کمبود ایستگاههای برف سنجی و هواشناسی در ارتفاعات حوضه ها و استفاده از روش های مساحی سنتی با خطاهای بسیار زیاد صورت می گیرد. عدم وجود مدیریت یکپارچه در حوضه های آبریز ،کنترل سیلاب، فرسایش خاک ،پیش بینی خشکسالی و تأمین آب مصرفی، مسائل و مشکلاتی می باشند که مدل سازی ویژگی های سطحی بارش برف از دیدگاه هیدروکلیمائی می تواند نقش بسزائی در کاهش اثرات آنها داشته باشد .

در این تحقیق تصاویر ماهواره ای پوشش برف و دمای سنجنده Modis از تاریخ ۲۴ مهر لغایت ۵ اردیبهشت ازسال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ به تعداد ۴۱۶ تصویر دریافت و پس از پردازش در محیط Erdas imagine ،با استفاده از کدهای تهیه شده در نرم افزار Matlab ،داده های سطح پوشش برف و دمای سطح زمین استخراج و نمودارهای آنها ترسیم و بررسی گردید، سپس این داده ها به همراه متغیرها و پارامترهای مورد لزوم از ایستگاههای زمینی موجود در حوضه وارد مدل هیدرولوژیکیSRM شده و مدل برای سال آبی ۸۰-۱۳۷۹ واسنجی گردید. بررسی های آماری حاکی از دقت نسبتاً بالای مدل در شبیه سازی جریان است. داده های تصاویر ماهواره ای نیز به خوبی توسط مدل دریافت و پردازش شده است. نتایج حاصل نشان از سهم ۱۲ درصدی آورد جریان حاصل از ذوب برف نسبت به حجم کل جریان در این سال دارد که می تواند به برنامه ریزان در مدیریت بهتر منابع آبی خصوصاً ریزش های برف در حوضه های آبریز دریای خزر یاری نماید.

کلید واژه ها: حوضه آبریز ناورود ،سنجندهModis ، مدل هیدرولوژیکی SRM ، تصاویر ماهواره ای دما و پوشش برف

۱. مقدمه

طبق بررسی های بعمل آمده 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 می کنند[۱] ، آلبیدوی زیاد برف به همراه گسترش سطحی زیاد آن تاثیر زیادی بر بودجه تابشی زمین دارد، از نظر اقلیم شناسان و هواشناسانی که تغییرات اقلیمی و اتمسفری را مطالعه می‌کنند 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 می‌گذارد، پایش اصولی سطح پوشش برف ،ارزیابی سطوح ذوب برف حاصله را دقیق‌تر نمایان می‌سازد به‌طور کلی انباشت و ذوب برف معمولا با استفاده از مشاهدات زمینی مدلسازی می‌شوند، به منظور ایجاد مدل‌های هیدرولوژیکی کارآمد و مطمئن و همچنین بهبود پیش‌بینی ها ،دقت بیشتر و روش‌های کم هزینه تر در روند برآورد مقادیر سطح پوشش برف، مورد نیاز است. از این رو امروزه در روند مدیریت کارآمد منابع آبی ،به کارگیری داده‌های سنجش از دور با هدف کسب اطلاعات دقیق از پوشش برف به صورت عملیاتی اجرا می‌گردد. با عنایت به پیشرفت‌های موجود در چند دهه گذشته توسط کشورهای مختلف سنجنده‌های ماهواره‌ای متعدد و متنوعی طراحی و به فضا ارسال شده که یکی از مهمترین آن‌ها 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.

نجفی ایگدیر و همکاران (۱۳۸۶)، رواناب حاصل از ذوب برف را با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در حوضه شهرچائی ارومیه، شبیه‌سازی کردند. در این تحقیق سطح پوشش برف منطقه به عنوان مهمترین متغیر هیدرولوژیکی لازم با استفاده از تصاویر سنجنده Noaa ماهواره Avhrr استخراج گردید، سپس از مدل SRM (Snowmelt Runoff Modelling) برای محاسبه رواناب برف استفاده گردید ،در این بررسی داده‌ها و پارامترهای مذکور به صورت روزانه و برای سال ۱۹۹۶-۱۹۹۷ وارد مدل شدند ،برای ارزیابی دقت مدل مقادیر مشاهداتی و محاسباتی مقایسه شدندکه شبیه‌سازی موفق و قابل قبولی را نشان داد که در آن ضریب تعیین برابر ۰/۸۱ و تفاضل حجمی برابر ۲/۷۵ می باشد[1].

نجفی و همکاران (۱۳۸۳)، طی تحقیقی رواناب حاصل از ذوب برف را در حوضه سد مهاباد با استفاده از مدل SRM، شبیه‌سازی کردند. در این تحقیق برای حصول دقت بیشتر در محاسبات حوضه مهاباد به چهار طبقه ارتفاعی تقسیم شد ،جریان ورودی به سد در دو ایستگاه هیدرومتری قبل از سد اندازه‌گیری شد ،از اطلاعات یک ایستگاه دماسنجی در داخل شهر مهاباد و هفت ایستگاه باران‌سنجی و هفت ایستگاه برف‌سنجی در داخل حوضه استفاده شد. بعد از اعمال ورودی‌ها به مدل، شبیه‌سازی انجام گرفته و هیدروگراف شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده رسم گردید .این دو هیدروگراف از طریق میزان تطابق ،رگرسیون و اختلاف حجم‌ها مقایسه و بررسی شدند ضریب رگرسیون و اختلاف حجم‌ها به ترتیب برابر ۰/۸۵ و ۳/۷۹- محاسبه گردید[2].

پرهمت و همکاران (۱۳۸۴) ، مدل SRM را برای زیرحوضه خرسان از سرشاخه‌های کارون که فاقد آمار و اطلاعات برف‌سنجی است بکار بردند. همچنین اطلاعات رقومی سنجنده Avhrr ماهواره نوا به عنوان منبع تامین اطلاعات سری زمانی مساحت تحت پوشش برف استفاده شد. به منظور واسنجی و ارزیابی مدل دو سال آبی ۷۶-۱۳۷۵ و ۷۷-۱۳۷۶ انتخاب و بر اساس داده های مشاهده ای دبی روزانه در سال ۷۶-۱۳۷۵ پارامترهای مدل واسنجی و تعیین و در سال ۷۷-۱۳۷۶ دقت شبیه سازی مدل مورد ارزیابی قرار گرفت. ارزیابی مدل در شبیه سازی رواناب حاصل از ذوب برف و نیز مشارکت باران نشان می دهد که دبی روزانه با دقت ۸۸ درصد و با ضریب تعیین ۰/۷۷۴ و حجم کل جریان با ۱/۰۳ درصد اختلاف با حجم مشاهده ای در طول این مدت برآورد شده است. با این وصف مدل SRM با استفاده از داده های ماهواره

[۱] شرکت مدیریت منابع آب

ای کارایی لازم را در برآورد رواناب حاصل از ذوب برف و نیز شرایط مشارکت باران و برف درحوضه های فاقد آمار دارا بوده و برای این حوضه ها توصیه می شود[3].

در اولین تلاشها در تعیین وسعت هوائی پوشش برف و موقعیت خط برف از تصویر برداری هوائی کمک گرفته شد(Potts,1937)[4]. بعلت آلبیدوی بالای برف سطح پوشش برف به آسانی توسط نخستین تصاویر بدست آمده از ماهواره های هواشناسی TIROS-1 بدست آمد. داده های دریافت شده از ماهواره های هواشناسی در تعیین مرز ،ارتفاع سطح برف و تغییرات بوجود آمده در لایه های برف به علت افزایش دما و رویدادهای بارندگی بسیار مفید بودند (rongo and salmonson 1977) [5]. با نصب سنجنده modis در سال ۱۹۹۹ بر روی فضاپیمای terra از داده های ماهواره ای modis برای تولید نقشه های پوشش برف کمک گرفته شد. (scharfen et al., 2000) [6].نقشه های برف modis کل زمین را به صورت روزانه پوشش داده و با دقت مکانی ۵۰۰ متر ارائه می شوند. 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 (hall et al., 2002)[7] .

مدل SRM به منظور مدیریت منابع آب، آبیاری و ذخیره آب ،توسط محققان سوئیسی ارائه گردیده است. اساس این مدل روش درجه- روز می‌باشد. این مدل توسط سازمان جهانی هواشناسی برای شبیه‌سازی مورد آزمایش قرار گرفته است که در مقایسه با سایر مدل‌ها با داشتن حداقل خطا دقیق‌ترین مدل برای شبیه‌سازی ذوب برف تشخیص داده شده است (مارتینک و رنگو، ۱۹۹۸)[8] .

نگلر و همکاران (Nagler et al. 2008) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای 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 پیش‌بینی کردند. مقایسه نقشه‌های برف حاصل از SAR و تصاویر اپتیکال تفاوت های سیستماتیکی را آشکار کردند. به منظور جبران این اختلافات از یک مدل نیمه‌توزیعی برای اثبات استفاده از داده‌های پوشش برف ماهواره‌ای در پیش‌بینی رواناب کوتاه‌مدت 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 بیش‌برآوردگر ودر مناطق پوشیده از برف کم‌برآوردگر است[9].

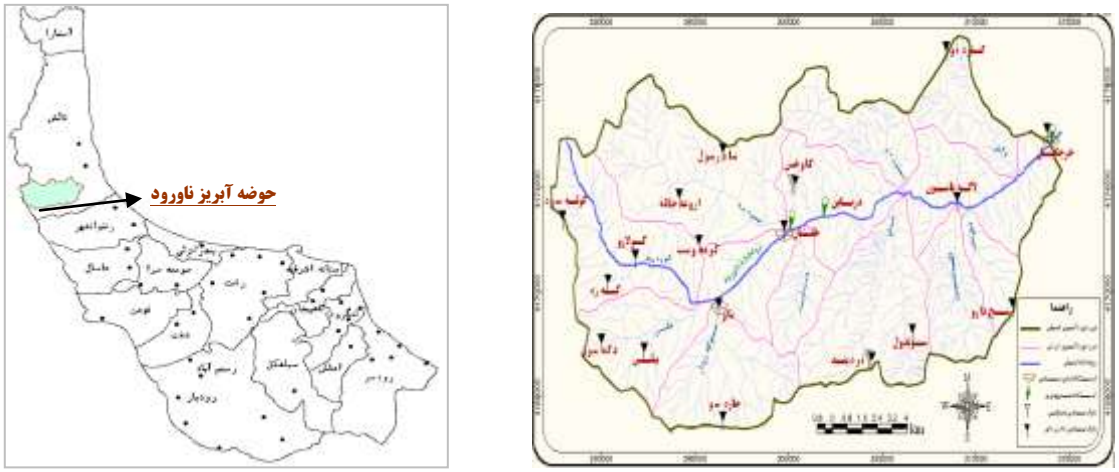
کلاین وهمکاران (۲۰۰۱)، نقشه‌های برف حاصل از Modis را با نقشه‌های تهیه شده توسط مرکز سنجش از دور هیدرولوژیکی ملی امریکا(National Operational Hydrologic Remote Sensing Center) با نام اختصاری NOHRSC، در بالادست آبگیر ریوگراند مورد مقایسه قرار دادند و به این نتیجه دست یافتند که هر دو این نقشه‌ها از شرایط ابری متاثر شده و خطای اصلی در هر دوی آن‌ها وجود ابر می‌باشد[10]. همچنین این مدل برای سال‌های آبی ۱۹۹۷ و ۱۹۹۸ توسط (Kaya , 1999) و (Tekeli, 2000) در حوضه Euphrates به طور موفقیت‌آمیزی مورد استفاده قرار گرفت. مقدار ضریب تعیین و اختلاف حجمی در شبیه‌سازی‌های انجام شده به ترتیب از ۰/۸۵ تا ۰/۹۵ و ۰/۵۶ تا ۹/۳ متغیر بود[11].

۲. مواد و روش ها

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز معرف ناورود اسالم با مساحت حدود ۳۰۷ کیلومترمربع 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. سرمنشاء طولانی‌ترین شاخه‌های رودخانهٔ ناورود از دامنه‌های شرقی رشته‌کوههای تالش و کوههای «حجاب»، «سطله‌خونی»، «اسبه ریسه »، « هفته‌خونی» و «بوغروداغ» آغاز شده و بعد از پیوستن شاخه‌های 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.انشعابات رودخانهٔ ناورود برای آبیاری مزارع برنج به وسعت ۲۰۰۰ هکتار است که کشت غالب مردم ناحیه می‌باشد.

حوضه معرف ناورود در حال حاضر دارای دو ایستگاه هیدرومتری درجه یک، سه ایستگاه تبخیرسنجی درجهٔ یک، دو ایستگاه بارانسنج معمولی، ۱۸ ایستگاه بارانسنج ذخیره‌ای و چهار ایستگاه برفسنجی است ،ایستگاه آب سنجی خرجگیل با وسعت ۲۶۶ کیلومتر مربع و متوسط آورد سالیانه ۱۵۷ میلیون متر مکعب در ۶ کیلومتری بالادست شهر اسالم قرار دارد که از سال ۱۳۴۴ آماربرداری می شود.



شکل۱. موقعیت ایستگاههای هیدروکلیماتولوژی حوضه معرف ناورود

۲-۲. داده‌های مورد نیاز مدل SRM

داده‌های ورودی به مدل شبیه‌سازی رواناب حاصل از ذوب برف SRM به سه گروه تقسیم‌بندی می‌شوند. این سه گروه عبارتند از:

۱. مشخصات حوضه که شامل، مساحت زیر حوضه‌ها ، حوضه و منحنی ارتفاع-مساحت می‌باشد که در این مطالعه از نقشه‌های توپوگرافی و DEM به‌دست می‌آید.

۲. پارامترهایی که شامل ضریب رواناب **C**، فاکتور درجه-روز، گرادیان دما، دمای بحرانی، منطقه تحت مشارکت بارندگی و ضریب فروکش ،که با استفاده از داده های ایستگاههای آب و هواشناسی موجود در منطقه بدست می آید.

۳. متغییرها که شامل دما و تعداد درجه-روزها، میزان بارش و سطح پوشش برف می‌باشد. در این تحقیق سطح پوشش برف با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Modis با باندهای قابل روئیت و مادون قرمز و با دقت مکانی ۵۰۰ متر به‌دست می‌آید. دمای سطح برف و میزان درجه روز نیز از داده‌های ماهواره‌ای Modis با باندهای حرارتی با دقت مکانی ۱۰۰۰ متر است که به دقت مکانی ۵۰۰ متر تغییر مقیاس داده شده است.

۲-۳. روش کار (استخراج داده های سطح پوشش برف و دما از تولیدات MODIS)

به منظور استخراج سطح پوشش برف ابتدا داده‌های ماهواره‌ای ۸ روزه سطح برف MOD10A2 به فرمت HDF از سایت WIST دریافت گردید، این تصاویر مربوط به شیت H21V05 از سایت WIST می باشد. 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 می شود. پس از مراحل فوق توسط برنامه‌هایی که در محیط برنامه نویسی Matlab تهیه گردید، کلیه تصاویر فراخوانی شده و عمل استخراج سطح برف برای کل حوضه، دو زیرحوضه و طبقات ارتفاعی مورد مطالعه انجام گرفت.

به منظور استخراج دمای سطح زمین، از تصاویر Modis ، ابتدا داده‌های ماهواره‌ای روزانه و هشت روزه دمای سطح زمین A2 و MOD11A1 به فرمت HDF از سایت WIST دریافت گردید. این تصاویر مربوط به شیت H21V05 از

سایت WIST می باشد، 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 و در خاتمه محدوده حوضه آبریز از تصاویر برش داده می شود .به دلیل اینکه تصاویر دما با دقت مکانی ۱۰۰۰ متر است ،عملیات تبدیل آنها به دقت مکانی ۵۰۰ متر نیز انجام گردید تا کلیه تصاویر دارای دقت مکانی یکسانی باشند ،پس از مراحل فوق توسط کدهایی که در محیط برنامه نویسی Matlab تهیه گردید ،کلیه تصاویر فراخوانی شده و عمل استخراج دمای سطح زمین برای کل حوضه ،دو زیرحوضه و طبقات ارتفاعی مورد مطالعه انجام گرفت.

کلیه این داده ها در بازه زمانی ۲۴ مهر لغایت ۵ اردیبهشت هر سال آبی دریافت شده است و دلیل انتخاب این بازه زمانی نیز شروع و خاتمه ریزش های برف در این ۹ ساله است. پس از اتمام مراحل فوق عمل ترسیم نمودارهای سطح پوشش برف و دمای سطح زمین از داده های استخراج شده در محیط Excel انجام گردید ،این نمودارها جهت بررسی بیشتر و بهتر وضعیت این داده ها در سطح حوضه و تأثیر توأمان آنها بر هم تهیه گردیدند.

۲-۴. داده های ایستگاههای زمینی مورد استفاده

جهت ورود داده های دیگر مورد استفاده در مدل نیاز به آمار و اطلاعات ایستگاههای آب و هواشناسی موجود در حوضه و مجاور آن است که در این راستا از ایستگاههای خرجگیل ،خلیان ،ناو و ایستگاه سینوپتیک خلخال استفاده گردید. داده های مورد استفاده شامل داده های روزانه بارش ،دما متوسط و رواناب می باشد ،همچنین جهت تعیین ضریب برفی از داده های ایستگاههای برف سنجی موجود در ارتفاعات حوضه ناورود و حوضه آرپاچای نیز استفاده گردید .جدول (۲) مشخصات عمومی ایستگاههای مورد استفاده در این تحقیق را نشان می دهد.

ردیف	ایستگاه	نوع ایستگاه	طول	عرض	ارتفاع
۱	خرجگیل	تبخیرسنجی	۴۸-۵۳-۴۴	۳۷-۴۲-۴۳	۱۴۰
۲	خلیان	تبخیرسنجی	۴۸-۴۳-۵۶	۳۷-۴۰-۲۷	۷۸۰
۳	ناو	تبخیرسنجی	۴۸-۴۱-۱۵	۳۷-۳۹-۰۰	۱۰۰۰
۴	گاوخس	باران سنجی	۴۸-۴۴-۰۰	۳۷-۴۱-۰۰	۱۳۰۰
۵	خلخال	سینوپتیک	۴۸-۳۱-۰۰	۳۷-۳۸-۰۰	۱۷۹۶
۶	آرپاچای	برف سنجی	۴۸-۳۲-۰۱	۳۷-۵۱-۴۴	۲۴۴۰
۷	گردنه الماس	برف سنجی	۴۸-۴۰-۲۸	۳۷-۳۵-۲۴	۲۲۱۶
۸	لرزنه	برف سنجی	۴۸-۴۳-۴۱	۳۷-۳۶-۱۷	۱۹۷۷
۹	نره بند	برف سنجی	۴۸-۴۶-۵۴	۳۷-۳۷-۴۲	۱۷۹۸
۱۰	چراسوداغ	برف سنجی	۴۸-۴۱-۴۱	۳۷-۳۶-۲۴	۲۰۶۶

جدول (۱) مشخصات عمومی ایستگاههای آب و هواشناسی

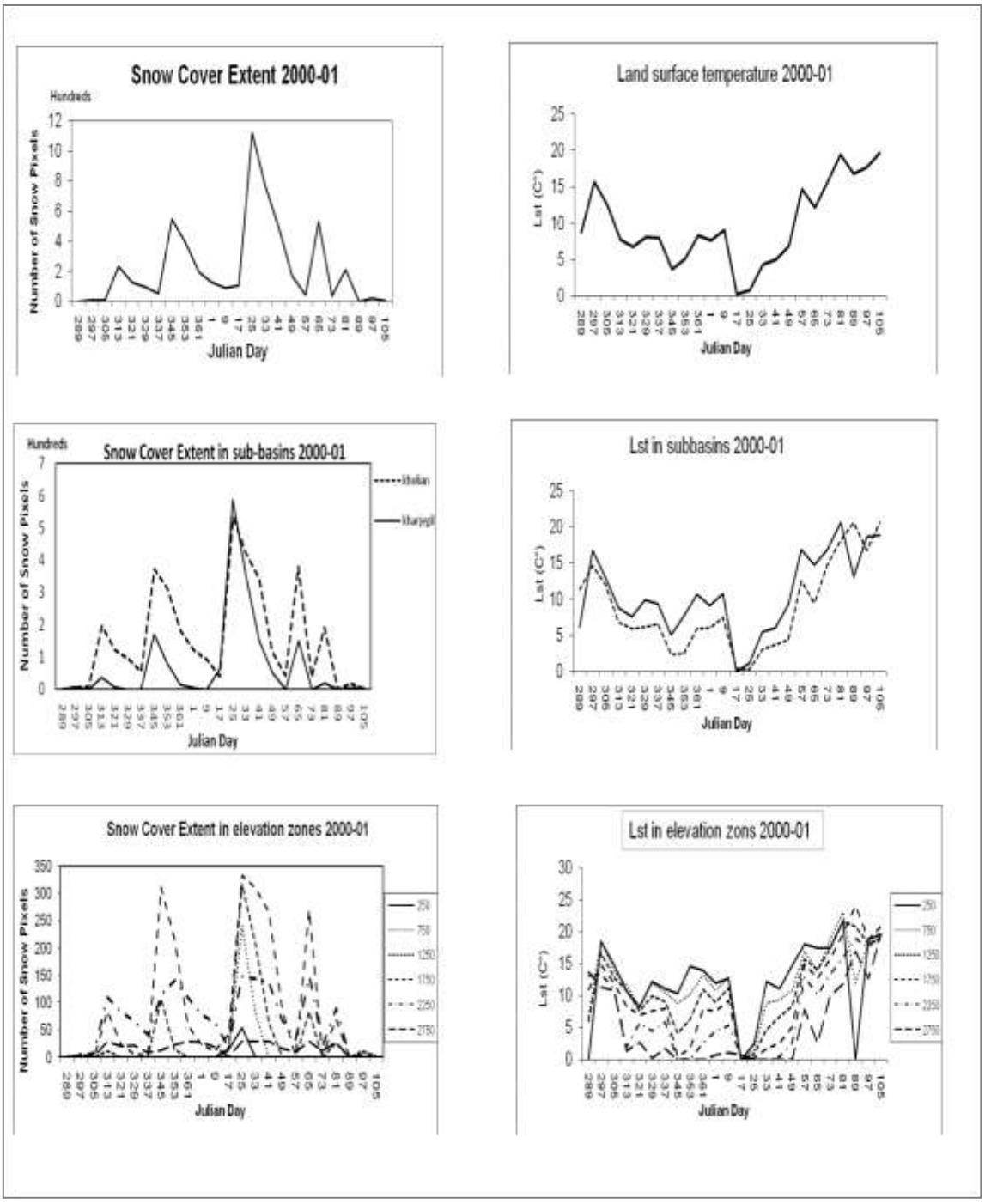
۳. نتایج و بحث

۳-۱. بررسی رژیم تغییرات سطوح برف و دما در حوضه

فراز و نشیب های شدید این نمودارها که تماماً در سال های مختلف دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ تکرار شده اند حاکی از تأثیر پذیری شدید سطح پوشش برف از عوامل اقلیمی دیگر همچون دما، باد و ریزش ها در این حوضه می باشد، افزایش ریزش های برف خصوصاً در شرایط دمائی مناسب باعث افزایش آشکار سطح پوشش برف در حوضه و ماندگاری آن می شود و کاهش شدید آن نیز متأثر از تغییرات شدید دمائی و وزش باد گرم در این زمان می باشد که در این ماهها

صورت گرفته و باعث صعود دما بین ۱۰ تا ۱۵ درجه در مدت زمان یاد شده می گردد. شکل (۲) رژیم تغییرات سطح بـرف و دما را در سطح کل حوضه، زیرحوضه ها و طبقات ارتفاعی در سال آبی ۰۱-۲۰۰۰ نشان می دهند.

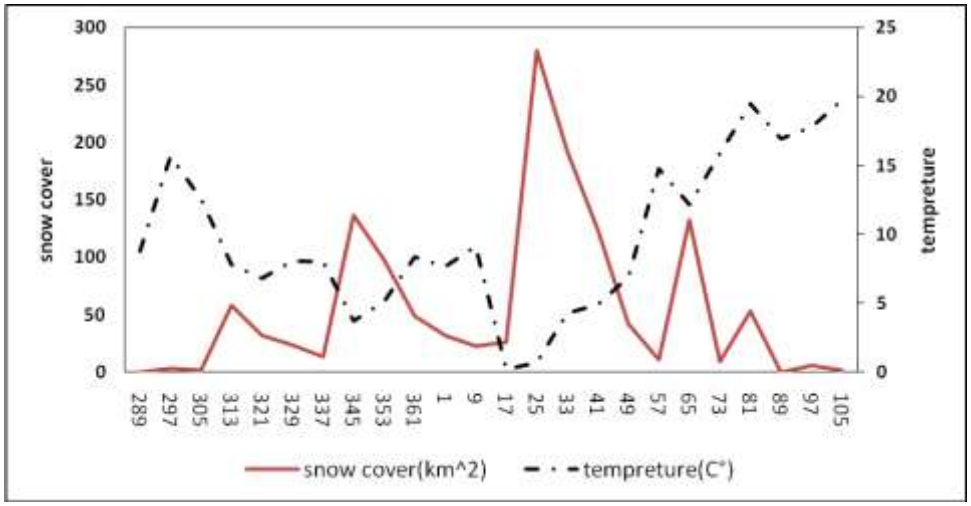
این تغییرات تأثیرات خود را بر روی روند آبدهی رودخانه گذاشته و آنرا دستخوش فراز و نشیب های متناوب می نمایـد که این نیز میتواند بر روند شبیه سازی مدل تأثیر گذاشته و باعث کاهش همبستگی بـین داده هـای آبـدهی انـدازه گیـری شده و شبیه سازی شده گردد. شکل (۴) حاصل خروجی مدل بخوبی موید این ادعا می باشد.



شکل۲. نمودار های رژیم تغییرات داده های سطح پوشش برف و دما به تفکیک حوضه ،زیرحوضه و طبقات ارتفاعی

۳-۲. همبستگی بین داده های سطح پوشش برف و دمای سطح زمین

نمودار تغییرات هم زمان و توأم داده های فوق که در شکل (۳) آمده است ،تأثیر متقابل این دو داده را بخوبی نشان می دهد، افزایش دما در هر زمان باعث کاهش سطح برف در سطح حوضه و بالعکس کاهش دما با افزایش سطح برف همراه بوده است.تأثیر شدید پارامتر دما در گستره سطح برف بخوبی روند صعودی و نزولی نمودارها را توجیح می کند، تغییرات شدید در جهت و شیب نمودارها حاصل تأثیر مستقیم دما است، وقوع پدیده باد های گرم در فصول سرد سال یک عامل بسیار تأثیر گذار در این رابطه است بطوریکه ذخیره برفی حوضه را تا حد صفر کاهش می دهد.



شکل۳. تغییرات هم زمان داده های سطح پوشش برف و دما سطح زمین (۰۱-۲۰۰۰)

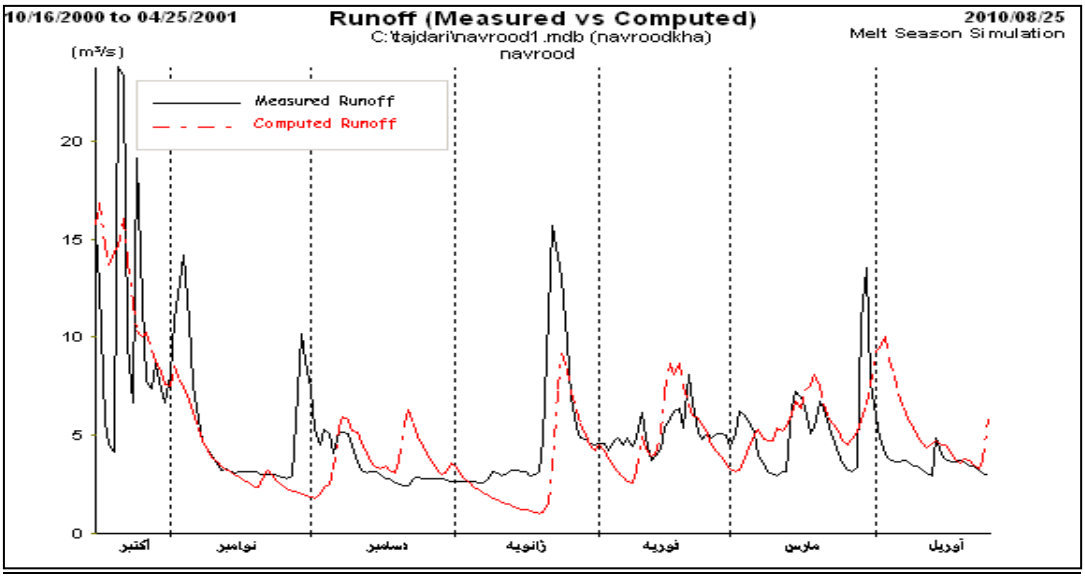
۳-۳. اجرای مدل SRM

با تعیین داده های مورد نیاز مدل شامل مشخصات حوضه که شامل، مساحت حوضه ،زیر حوضه‌ها وطبقات ارتفاعی که در این مطالعه از نقشه‌های توپوگرافی و Dem به‌دست می‌آید و پارامترهایی که شامل ضریب رواناب c، فاکتور درجه-روز، گرادیان دما، دمای بحرانی، منطقه تحت مشارکت بارندگی و ضریب فروکش می‌باشد و متغییرهایی که شامل دما و تعداد درجه-روزها، میزان بارش و سطح پوشش برف می‌باشد ،داده های ورودی به مدل SRM آماده و وارد مدل گردید .

برای کالیبراسیون مدل و ارزیابی دقت شبیه سازی داده های آبدهی سال ۸۰-۱۳۷۹ ایستگاه آبسنجی خرجگیل واقع در خروجی حوضه آبریز ناورود در دوره زمانی ۲۴ مهر لغایت ۴ اردیبهشت استفاده شد. خروجی مدل در جدول (۲) و شکل (۴) زیر آورده شده است.

شاخص	نتیجه
حجم رواناب اندازه گیری شده **mcm**	۸۶/۸
متوسط رواناب اندازه گیری شده **m^3/s**	۵/۲۳
حجم رواناب محاسبه شده **mcm**	۸۴/۷
متوسط رواناب محاسبه شده **m^3/s**	۵/۱۱
تفاضل حجمی به درصد	۲/۴
ضریب تعیین به درصد	۲۸
ریشه متوسط مربعات خطا (**RMSE**)	۲/۹

جدول(۲). نتایج شبیه سازی رواناب ذوب برف در حوضه آبریز ناورود ،ایستگاه خرجگیل



شکل۴. نمودار شبیه سازی رواناب ذوب برف در حوضه آبریز ناورود ،ایستگاه خرجگیل

۴. نتیجه گیری

این تحقیق دارای دو ویژگی اساسی است که آن را با دیگر مطالعات در این زمینه متمایز می سازد ،یکی استفاده از قابلیت های نرم افزار Matlab در استخراج داده های مورد نیاز مدل از ۴۲۶ تصویر ماهواره ای پوشش برف و دما سطح زمین ،بطوریکه عدم استفاده از این نرم افزار ،کار با این تعداد تصویر را بسیار زمان بر و دشوار می ساخت و دیگری کاربرد مدل در این حوضه با سیلاب های فراوان و مستمر در طول سال و به تبع آن تغییرات شدید در منحنی جریان سالانه که کار با مدل را دشوار می ساخت. استفاده از تکنولوژی دریافت و پردازش تصاویر ماهواره ای مانند تصاویر سطح پوشش برف و دمای سطح زمین که در محاسبه رواناب ذوب برف مورد استفاده واقع گردید ،باعث افزایش توانائی های بیشتر در استفاده از این مدل و نیز باعث ارتقاء سرعت عمل پردازش داده ها شده است ،همچنین دسترسی سریع و آسان به این داده ها در مقایسه با داده های ثبت شده در ایستگاهها ی آب و هواشناسی ،فرضیه استفاده مطمئن از آنها را اثبات می نماید .

برآوردهای آبدهی انجام شده توسط مدل هیدرولوژیکی SRM با دقت بسیار بالا در این تحقیق نشان از قابلیت خوب مدل در شبیه سازی های جریانات حاصل از ذوب برف خصوصاً در حوضه های آبریز استان می باشد که بیش از ۹۰ درصد آنها دارای رژیم برفی و برفی و بارانی است. حوضه هایی با شیب تند و مساحتی کم که شناخت ویژگی های آنها و استفاده از منابع آبی موجود در آنها ،جز با تکیه بر تکنولوژی های نوین و پیشرفته روز امری دشوار و طاقت فرسا است.

سهم کمتر جریان ها ی حاصل از ذوب برف نسبت به جریان های حاصل از بارندگی با توجه به اینکه متوسط بارندگی سالیانه حوضه نزدیک به ۹۰۰ میلیمتر است در این مدل نمایان است ،لیکن تأثیری که برف در تغذیه سفره های آب زیرزمینی و در استمرار جریان پایه رودخانه دارد باعث افزایش اهمیت آن در حوضه های آبریز استان است.

موارد برشمرده شده ذیل اشاره به نتایج بدست آمده از این مطالعه است :

۱- مقدار خطای برآورد شده دبی و حجم در شرایط بارش باران (سیلابی) نسبت به شرایط بدون باران (غیر سیلابی) افزایش می یابد، این خطا به خوبی در مشاهده نمودارهای نتایج اندازه گیری شده و شبیه سازی شده در شکل(۴) حاصل از خروجی مدل قابل دیدن است.

۲- داده های موجود در جدول (۲) میزان خطای تفاضل حجمی را در حد ۲/۴ درصد محاسبه نموده که حاصل برآورد خوب مدل از جریان حاصل از ذوب برف است.

۳- برآورد نسبتاً پائین ضریب تعیین در خروجی مدل لزوم افزایش دقت در ورود متغیرها و پارامترهای به مدل را ایجاب می نماید.

۴- در مناطق کوهستانی تصاویر ماهواره ای از قابلیت بالائی برای تعیین سطح پوشش و نقشه برف برخوردار هستند.
۵- برآورد پائین رواناب توسط مدل در ماههای اکتبر و نوامبر نسبت به رواناب های اندازه گیری شده در همین ماهها نشان دهنده افزایش دما در سطح حوضه و به تبع آن تبخیر و تعرق است.
۶- سهم رواناب حاصل از ذوب برف به حجم جریان کل ۱۲ درصد برآورد گردید.

۵. پیشنهادات

۱- مدل همراه با داده های ماهواره ای در دیگر حوضه های استان نیز مورد بررسی و نتایج با هم مقایسه گردد.
۲- استفاده از مدل در مراحل مطالعاتی پروژه های مختلف مانند مطالعات سد سازی ،ساخت مکانهای مناسب جهت گردشگری خصوصاً در حوضه های مستعد ،ساخت سازه های آبی در حریم رودخانه ها و هشدار سیل و ...
۳- بکارگیری فن آوری RS در استفاده از داده های ورودی به مدل (سطح پوشش برف ،دمای سطح زمین ،بارندگی و ...)به جای داده های زمینی ،با توجه به هزینه بسیار بالای ساخت و تجهیز ایستگاههای آب و هواشناسی در ارتفاعات .
۴- ضرورت استفاده از امکانات سخت افزاری و نرم افزاری پیشرفته به دلیل حجم بالای داده های ماهواره ای مورد استفاده در مدل.

۶. منابع و مآخذ

۱. نجفی ایگدیر ا.، قدوسی ج.، ثقفیان ب. و پرهمت ج. (۱۳۸۶). "برآورد رواناب ذوب برف با استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در حوضه شهرچائی ارومیه". مجله پژوهش سازندگی در منابع طبیعی، ۷۶: ۱۷۷-۱۸۵.
۲. نجفی م.ر.، شیخی‌وند ج.، و پرهمت ج. (۱۳۸۳). "برآورد رواناب حاصل از ذوب برف در حوضه‌های برف‌گیر با استفاده از مدلSRM (مطالعه موردی حوضه سد مهاباد)". مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۱(۳): ۱۱۱-۱۲۱.
۳. پرهمت ج.، ثقفیان ب. و صدقی ح. (۱۳۸۴). "بررسی کاربرد مدل SRM در شبیه‌سازی رواناب حاصل از ذوب برف با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در حوضه‌های بدون آمار برف (مطالعه موردی حوضه خرسان در کارون)". مجله تحقیقات منابع آب ایران، ۱(۱): ۱-۱۱.

4. Potts H.L (1937) A photographic Snow Survey Method of Forecasting From Photographs. Transactions of the American Geophysical Union, South Continental Divide Snow Survey Conference: PP. 658-660.
5. Rango A. And Salomonson V.V. (1977) Seasonal Streamflow Estination in the Himalayan region Employing Meterological Satellite Snow Cover Observations. Water Resources Research, 13(1), 109-112.
6. Scharfen G.R., Hall D.K., Khalsa S.J.S., wolfe J.D., Marquis M.C., Riggs G.A. and McLean B.(2000) accessing the MODIS snow and ice products at the NSIDS DAAC.proceedings of IGARSS'00 , Honolulu, pp. 2059-2061 , 23-28 July 2000.
7. Hall D.K.,Riggs G.A., Slamonson V.V,DiGirolamo N.E. and Bayr K.J. (2002) MODIS snow-cower products. Remote sensing if environment, 83,181-194.
8. Martinec, J. And Rengo m .(2002); Hydrological applications of satellite snow cover mapping in the Swiss Alps. ETHZ CH 8092 Zürich/Switzerland.Lorperaestie et dipisci ex et, quis dolutat. Duisim in vullaortin ut wisi blaoreet iustrud tis niam nonse modo odo delit prat. Ut at wis dui tincipisl ilismodiam
9. 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.

10. 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.

11. Tekeli, A. E. (2000). Integration of remote sensing and geographic information systems on snow hydrology modeling, Master of Science Thesis, Water Resources Laboratory, Civil Engineering Department, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Middle East Technica University.

۲۹-۲۸ اردیبهشت ۱۳۹۰
زنجان - شرکت آب منطقه ای زنجان
دومین کنفرانس ملی
پژوهشهای کاربردی منابع آب ایران

Estimation of Stream Flow Using Remotely Sense Data and the Hydrological Model SRM (Case Study : Navrood Basin)

Khosro tajdari[1] ,majid vazifedoust[2]

Email: Khosro1taj@gmail.com

Abstract

Determine the contribution of runoff from melting snow in the watershed areas with snow and snow-rain regime of the concerns many experts, the country's water resources is estimated that so far the polls due to lack of snow and weather stations in the mountain basin using traditional surveying methods with large errors occur, the lack of integrated watershed management, flood control, soil erosion, drought forecasts and water supply, the problems are that the modeling of surface features from the perspective of snow can Hydroclimatology role utmost to reduce their effect is.

In this study, from 2000 to 2009 satellite images of snow and temperature sensor Modis from 16 October till 25 April received after processing environment, Erdas imagine, using codes provided in the software Matlab, the data level of snow and surface temperature extraction and drawing graphs and their reviews are, then this data, along with variables and parameters required from ground stations in the basin into hydrological models and model SRM for 2000-2001 years can be calibrated, the results indicate relatively high accuracy in the simulation model is current, as well as satellite imagery data as well by the model is received and processed, the results can be of great help planners to better manage water resources in watershed areas to the Caspian Sea.

Keywords: Navrood Basin ,Hydrological Model SRM ,Remotely Sense Data(snow cover ,land surface temperature) ,modis sensor