تعیین سهم رواناب ناشی از ذوب برف در آورد رودخانه پلرود

مجید وظیفه دوست
استادیار-بخش آب-دانشکده کشاورزی-دانشگاه گیلان
Majid.vazifedoust@yahoo.com
افشین اشرف زاده
استادیار-بخش آب-دانشکده کشاورزی-دانشگاه گیلان
ashrafzadeh@yahoo.com
سید علی موسوی
مربی-بخش آب-دانشکده کشاورزی-دانشگاه گیلان
فاطمه سمیع پور
کارشناسی-بخش آب-شرکت مشاور

چکیده

در این تحقیق به منظور شبیه سازی بارش- رواناب و تخمین سهم رواناب ناشی از ذوب برف در آورد رودخانه پلرود، همزمان از مزایای دا ده‌های ماهواره‌ای اپتیکال و مدل سازی هیدرولوژیکی رواناب استفاده گردید . بدین منظور ابتدا با استفاده از داده های ماهواره‌ای به‌دست آمده از سنجنده MODIS سطح پوشش برف و دما ی برف در حوضه و زیرحوضه های رودخانه پلرود برای یک دوره ۹ ساله از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ تخمین زده شد. سپس به‌منظور تخمین رواناب، اطلاعات ماهواره‌ای به‌دست آمده وارد یک مدل شبیه سازی رواناب ذوب برف، به نام SRM (Snowmelt Runoff Model) که اولین بار در سال ۱۹۷۵ توسط Martinec ارائه گردید، شد.

مقایسه نتایج حاصل از مدل SRM در شبیه‌سازی رواناب ناشی از بارندگی و ذوب برف در حوضه آبریز پلرود با داده های مشاهداتی آبدهی طی سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ حاکی از دقت نسبتا خوب و قابل قبول (با ضریب همبستگی ۳۱ تا ۷۹ درصد) بوده است. ذوب برف سهم بسیار زیادی در ایجاد رواناب و آبدهی رودخانه پلرود داشته و تقریبا با سهم رواناب ناشی از باران برابر است (۴۲ تا ۴۰ درصد). مقایسه تغییرات سطح پوشش برف و دمای سطحی حاصل از داده های ماهواره ای با میزان آبدهی نیز موید این مطلب بود که رواناب ناشی از ذوب برف نقش بسزایی در آورد رودخانه پلرود دارد بطو ریکه با کاهش سطح برف و افزایش دمای برف، آبد هی حوضه افزایش قابل توجهی داشته است . همچنین سهم برف در ایجاد رواناب در ارتفاعات بالاتر بوده و با کاهش ارتفاع حوضه نقش بارندگی پر رنگتر است.

واژه های کلیدی : رواناب، ذوب برف، داده های ماهواره ای، مدل شبیه سازی SRM

مقدمه

برف یکی از منابع بزرگ آب در بیشتر نقاط دنیا می‌باشد و برآورد میزان آب و یا محتوای آبی پوشش برفی و تخمین رواناب ناشی از ذوب برف یکی از مهمترین فعالیت‌های هیدرولوژیست‌ها به حساب می‌آید. چراکه:

– بیش از ۱۰ درصد از سطح زمین بصورت دائمی توسط یخچال ها و ۳۰ درصد از سطح آن به صورت فصلی توسط برف پوشیده شده است که در فصل زمستان این مقدار به بیش از ۴۰ درصد نیم کره شمالی میرسد.

– آلبیدوی زیاد برف به همراه گسترش سطحی زیاد آن، تاثیر زیادی بر بودجه تابشی زمین دارد و از نظر اقلیم شناسان و هواشناسانی که تغییرات اقلیمی و اتمسفری را مطالعه می کنند در یک دی د جهانی، پایش برف یک ضرورت است . چراکه خصوصیات فیزیکی درون برف بر تغییرات روزانه و اقلیمی و حتی تغییرات بلندمدت اقلیمی تاثیر می‌گذارد.

–بعلاوه در اغلب کشورهای نیمکره شمالی، برف منبع اصلی آب برای فعالیت های اقتصادی، پوشش اجتماعی و رشد و توسعه آن‌ها می‌باشد.

– ذوب برف، رطوبت خاک و ذخیره آب زیرزمینی و منابع آب دریاچه ها و رودخانه ها را تامین کرده و رواناب حاصل از آن در حوضه‌های کوهستانی و مرتفع عامل مهم و کنترل کننده رژیم جریان محسوب می شوند. رواناب ناشی از ذوب برف درآبدهی حداکثر لحظه‌ای و آبدهی سالیانه حوضه های کوهستانی و برفگیر مشارکت داشته و حدود یک سوم آب مورد نیاز بخش کشاورزی را در سرتاسر جهان تامین میکند.

–بعلاوه، در اکثر حوضه های آبریز، آمار و اطلاعات هواشناسی هیدرولوژی مورد نیاز در شبیه سازی جریان، همانند آمار و اطلاعات برف‌سنجی معمولا در دسترس نیست. بنابراین، شبیه‌سازی و یا پیش‌بینی رواناب و سیلاب حاصل از ذوب برف با مشکلات فراوانی مواجه بوده و بطور معمول با خطای زیادی روبرو می‌شود (نجفی و همکاران، ۱۳۸۳).

در حوضه رودخانه پلرود نیز بخش قابل توجهی از بارش‌ها به‌صورت برف می‌باشد و در نتیجه آب حاصل از ذوب برف نقش مهمی را در ایجاد رواناب های سطحی ایفا می کند. پوشش برف معرف میزان آب ذخیره شده می باشد و لذا پایش مکانی و زمانی رواناب ناشی از ذوب برف از اهمیت بسیار بالایی در پیش بینی های هیدرولوژیکی در این منطقه برخوردار است . علاوه بر آن حوضه رودخانه پلرود به دلیل کوهستانی بودن بسیار سیل خیز بوده و معمولا در اوایل فصل بهار با گرم شدن زمین و ذوب شدن برف ها، بستر لازم برای ایجاد سیل در این منطقه فراهم می‌آید. مدل سازی هیدرولوژیکی بارش–رواناب در این حوضه با استفاده از مدلهای SRM و یا HEC HMS و بروزرسانی آنها با استفاده از داده های ماهواره ای سطح پوشش برف و دمای آن، می تواند علاوه بر تخمین رواناب حاصل از ذوب برف، در تعیین سهم این رواناب درآورد رودخانه پلرود نیز بسیار مفید باشد.

مهمترین خصوصیات برف که در مدل های هیدرولوژیکی ذوب برف از اهمیت بالایی برخوردار می باشد، عبارتند از سطح پوشش برف و دمای برف . اگر سطح پوشش برف و دمای آن معلوم باشند، با بروزرسانی مدل های هیدرولوژیکی با استفاده از اطلاعات سطح پوشش برف و دمای سطح برف، می‌توان به تخمن قابل قبولی از رواناب ناشی از ذوب برف به‌صورت روزانه دست یافت.

برف یک محیط متخلخ ل می باشد که از به هم پیوستن کریستال های یخی تشکیل می شود و با آلبیدوی بسیار بالا تفاوت بسیار فاحشی با سایر سطوح طبیعی (بجز ابر) دارد و بنابراین به سادگی قابل تشخیص توسط سنجنده های ماهواره‌ای نوری که طیف-های قابل روئیت و مادون قرمز را ثبت می کند می باشد (Warren 1982). امروزه تکنولوژی سنجش از راه دور و تصاویر ماهواره‌ای انقلابی را در عرصه مطالعه سطح پوشش برف بوجود آورده است . بطوریکه اندازه‌گیری‌های سطح گستره برفی در طول زمان به صورت چشمگیری دقیق تر شده و هر چه بر طول ثبت داده های ماهواره‌ای افزوده می گردد، تعیین روندهای آماری که به لحاظ اقلیمی اهمیت دارند آسان تر می‌گردد. استفاده از تصاویر نوری (داده‌های ماهواره‌ای NOAA) برای پهنه‌بندی پوشش برف از ۱۹۶۱ در ایالات متحده آغاز شده و تا به امروز که دقت مکانی و زمانی تصاویر ماهواره ای با شروع بکار سنجنده MODIS افزایش یافته است ادامه دارد (Carroll et al., 2001). بطوریکه امروزه با استفاده از تصاویر به دست آمده از این داده‌ها، امکان پایش روزانه سطح پوشش برف در شرایط عاری از ابر با دقت مکانی ۲۵۰ تا ۵۰۰ متر فراهم آمده است.

در این تحقیق به منظور شبیه سازی بارش–رواناب وتخمین سهم رواناب ناشی از ذوب برف در آورد رودخانه پلرود، سعی می‌شود تا همزمان از مزایای داده‌های ماهواره‌ای اپتیکال و مدل‌سازی هیدرولوژیکی رواناب استفاده گردد. بدین منظور ابتدا با استفاده از داده-های ماهواره‌ای به‌دست آمده از سنجنده MODIS سطح پوشش برف و دما ی برف در حوضه و زیرحوضه های رودخانه پلرود برای یک دوره ۹ ساله از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ تخمین زده می شود. سپس به‌منظور تخمین رواناب، اطلاعات ماهواره ای به‌دست آمده وارد یک مدل شبیه سازی رواناب ذوب برف، به نام SRM (Snowmelt Runoff Model) که اولین بار در سال ۱۹۷۵ توسط Martinec ارائه گردید، می‌شود.

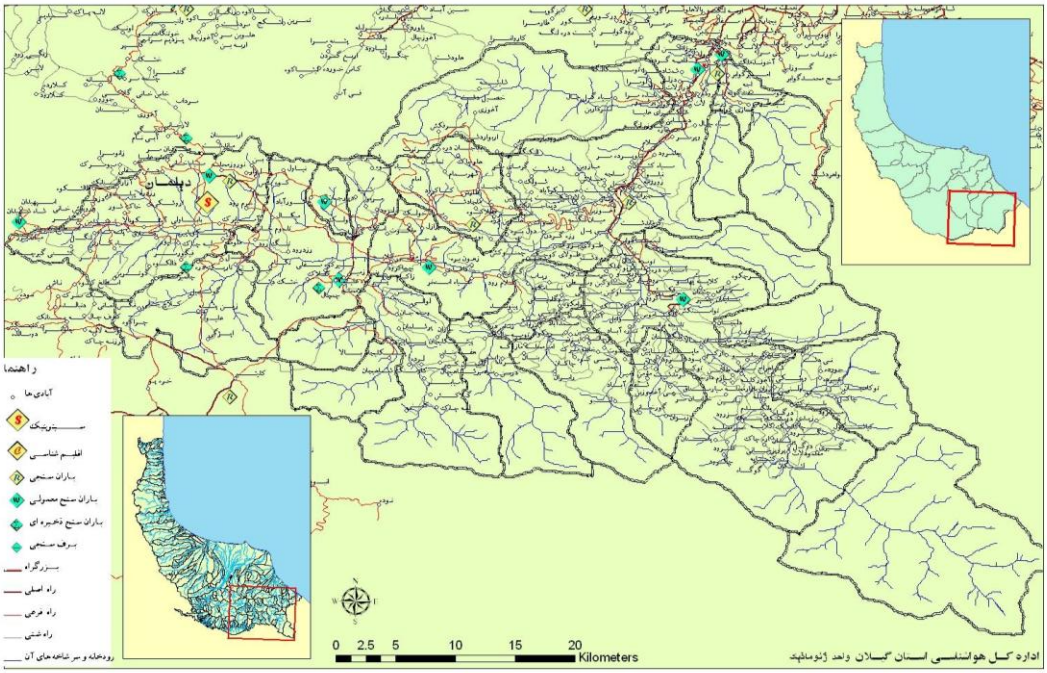
سپس رواناب شبیه‌سازی شده با داده‌های ثبت شده آماری مقایسه می‌گردد. بنابراین هدف این تحقیق، استفاده همزمان از داده‌های ماهواره‌ای اپتیکال برای تخمین سطح پوشش برف و دمای آن، و مدل سازی شبکه‌ای هیدرولوژیکی در تعیین رواناب ناشی از ذوب برف و مقایسه آن‌ها با داده‌های درازمدت آماری هیدرومتری می‌باشد.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شمال ایران در محدوده ای بین عرض جغرافیایی ۳۰-۳۶ تا ۱۵-۳۷ (دقیقه – درجه) شمالی و طول جغرافیایی ۴۵-۴۹ تا ۴۵-۵۰ (دقیقه – درجه) شرقی در دامنه‌های شمالی رشته کوه‌های البرز و نواحی کم ارتفاع ساحلی دریای خزر واقع شده است و شامل حوضه آبریز رودخانه پلرود می‌باشد.

از نظر تقسیمات کشوری محدوده طرح به استان گیلان تعلق دارد . در روی شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در استان گیلان و محدوده حوضه‌های آبریز مورد مطالعه نشان داده شده است. حوضه آبریز رودخانه پلرود عمدتاً کوهستانی بوده و حداکثر ارتفاع آن ۳۸۰۰ متر، ارتفاع متوسط آن حدود ۱۹۲۸ متر و مساحت آن حدود ۱۵۳۵ کیلومتر مربع می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه در یک دوره ۳۰ ساله در حوضه آبریز رودخانه پلرود معادل ۹۲۹ میلیمتر می‌باشد. همچنین در این منطقه متوسط دمای سالانه ۱۵/۵ درجه سانتیگراد، متوسط رطوبت نسبی سالانه ۸۳ درصد، متوسط تعداد روزهای یخبندان سالانه حدود ۲۲ روز و متوسط تبخیر از سطح آزاد آب سالانه حدود ۸۱۷ میلیمتر برآورد شده است.



شکل (۱)- موقعیت منطقه مورد مطالعه (حوضه آبریز پلرود) در استان گیلان

در این تحقیق به منظور شبیه سازی بارش- رواناب وتخمین سهم رواناب ناشی از ذوب برف در آورد رودخانه پلرود، ابتدا با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای به‌دست آمده از سنجنده MODIS سطح پوشش برف و دماب برف در حوضه و زیرحوضه های رودخانه

پلرود برای یک دوره ۹ ساله از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ تخمین زده شد. سپس به‌منظور تخمین رواناب، اطلاعات ماهواره ای به‌دست آمده وارد مدل شبیه‌سازی رواناب ذوب برف، SRM گردید.

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق

داده‌های هیدرومتری و هو اشناسی مورد نیاز شامل آبدهی روزانه در خروجی زیرحوضه ها و ایستگاه های هیدرومتری و داده های روزانه بارش و دما از ایستگاه‌های باران‌سنجی و سینوپتیک می باشد که برای یک دوره ۹ ساله از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ جمع آوری گردید.

داده های ماهواره ای سطح برف و دما نیز از سنجنده MODIS که در سال ۲۰۰۰ بر روی ماهواره Terra قرار گرفته است، استخراج گردید. سنجنده MODIS قابلیت تصویربرداری روزانه در ۲ باند قابل رویت با دقت مکانی ۲۵۰ متر، ۵ باند مادون قرمز با دقت مکانی ۵۰۰ متر و ۲۹ باند حرارتی با دقت مکانی ۱۰۰۰ متر را دارا می باشد. داده‌های ماهواره‌ای MODIS در باندهای مرئی، مادون‌قرمز به منظور تعیین گستره پوشش برف و باندهای حرارتی به منظور بدست آوردن دمای سطح برف از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ جمع‌آوری گردید (جدول ۱). علاوه بر این سایر تولیدات مودیس از قبیل سطح پوشش برف و دمای سطح زمین در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ به صورت ۸ روزه جمع‌آوری گردید. اطلاعات فوق به فرمت HDF و از طریق FTP و یا DVD ارائه می‌گردد.

جدول (۱) مشخصات و دقت مکانی و زمانی داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده (منبع: راهنمای تولیدات مودیس)

ماهواره	سنجنده	قدرت تفکیک مکانی (متر)	قدرت تفکیک زمانی (روز)	سطح تولیدات	باند های مورد استفاده	تاریخ های اخذ داده
Terra	MODIS	250 500 1000	1	1B[a]	1-2 aggregated to 500 m, 3-7 31,32	2000-2009 From November to April
Terra	MODIS	1000	8	11A	1,2	…….
Terra	MODIS	500	8	10A2	1,2	…….

مدل شبیه سازی SRM و داده های مورد نیاز آن

مدل SRM به منظور مدیریت منابع آب، آبیاری و ذخیره آب، توسط محققان سوئیسی ارائه گردیده است . اساس این مدل روش درجه- روز می‌باشد. مدل SRM توسط سازمان جهانی هواشناسی برای شبیه سازی 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). در این مدل، رواناب ناشی از بارندگی و ذوب برف در هر روز محاسبه شده و به جریان پایه محاسبه شده اضافه می گردد و سپس به آبدهی روزانه با استفاده از معادله (۱) زیر تبدیل می‌گردد.

$$Q_{n+1} = \left[c_{sn} \cdot a_n \left(T_n + \Delta T_n\right) S_n + c_{rn} P_n\right] \frac{A \cdot 10000}{86400} \left(1 - k_{n+1}\right) + Q_n k_{n+1} \qquad (۱)$$

که در این معادله:

Q: میزان آبدهی متوسط روزانه $\left(m^3 / s\right)$،

c: ضریب رواناب که بیان‌کننده افت‌ها می‌باشد و تحت عنوان نسبت رواناب به بارندگی تعریف می‌شود. c_s اشاره به ذوب برف و c_r اشاره به بارندگی دارد،

α: فاکتور درجه روز می باشد و نشان دهنده عمق حاصل از ذوب برف است که در یک درجه روز ایجاد می شود $\left(cm.°C^{-1}.d^{-1}\right)$،

T: تعداد درجه روزها $\left(°C.d\right)$،

S: نسبت سطح پوشیده از برف به مساحت کل،

P: میزان بارندگی که در تولید رواناب مشارکت دارد (cm). بدین منظور از یک مقدار فرضی دمای حد آستانه T_{CRIT} برای تعیین مشارکت بارندگی در تولید رواناب استفاده می‌شود،

A: مساحت حوضه $\left(km^2\right)$،

k: ضریب بازگشت که نشان‌دهنده کاهش آبدهی در یک دوره بدون ذوب برف یا بارندگی است،

n: توالی روزها در طول دوره محاسبه آبدهی.

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 و خود حوضه و منحنی ارتفاع- مساحت می‌باشد که در این مطالعه از نقشه‌های توپوگرافی و DEM به‌دست می‌آید.

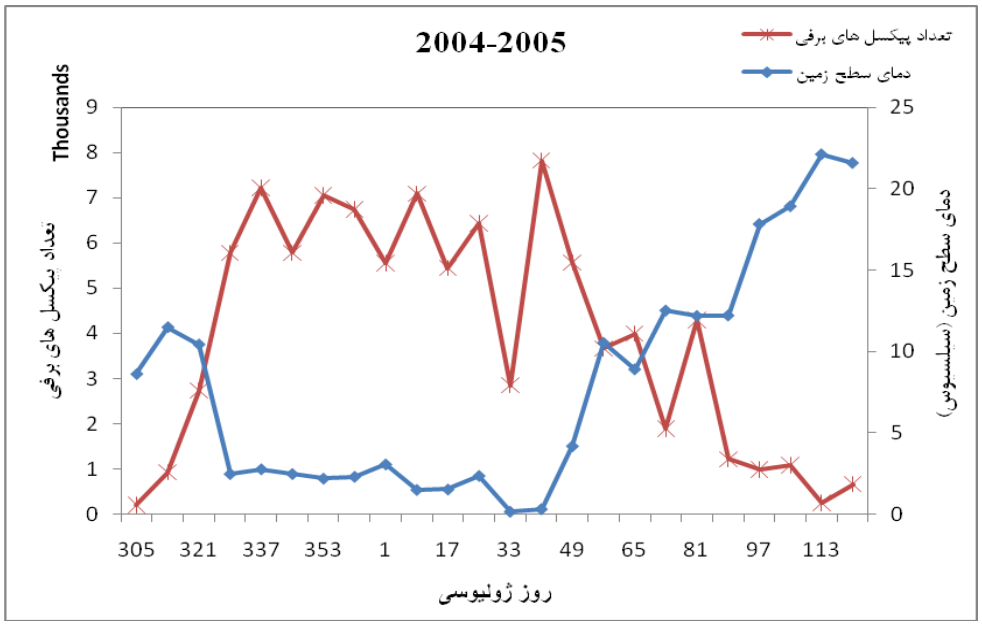
۲. متغیرها که شامل دما و تعداد درجه-روزها، میزان بارش و سطح پوشش برف می‌باشد. در این تحقیق سطح پوشش برف با استفاده از تصاویر ماهواره ای MODIS با باندهای قابل روئیت و مادون قرمز و با دقت مکانی ۵۰۰ متر به‌دست می‌آید. دمای هوا و میزان بارش نیز از داده‌های مربوط به ایستگاه هواشناسی کاکرود تامین می‌گردد.

۳. پارامترهایی که شامل ضریب رواناب c، فاکتور درجه-روز، گرادیان دما، دمای بحرانی، منطقه تحت مشارکت بارندگی و ضریب فروکش می‌باشد که این پارامتر ها با استفاده از داده های آبدهی در ایستگاه های هیدرومتری هراتبر و درازلات و با فرض مقادیر مشخصی برای این پارامترها در ابتدا، مدل شبیه سازی رواناب اجرا شد سپس به منظور دقت بیشتر در شبیه‌سازی این مقادیر در بازه‌ای قابل قبول تغییر داده شد.

نتایج و بحث

تغییرات سطح پوشش برف با دمای برف

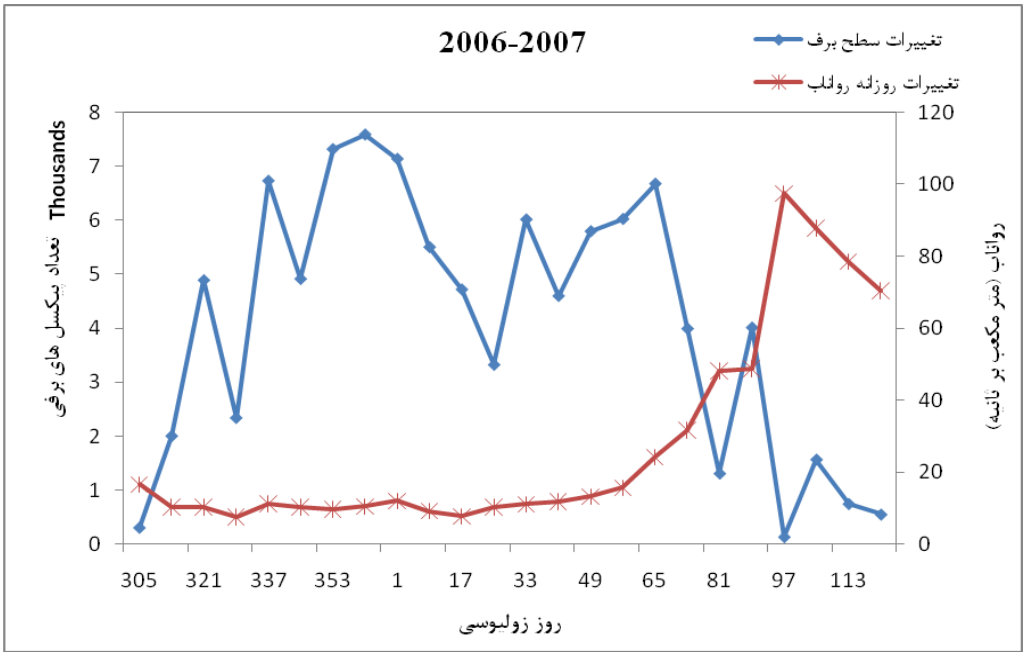
پس از استخ راج داده های ماهواره ای سطح پوشش برف و دمای برف، تغییرات سطح پوشش برف با دمای سطح زمین با گام های زمانی ۸ روزه و در دوره زمانی اول ماه نوامبر تا ماه می سالهای ۲۰۰۰ الی ۲۰۰۹ استخراج گردید که نتیجه حاصل بصورت نمونه در شکل (۲) ارائه گردیده است. همان‌طور که در شکل نیز مشاهده می‌گردد، با افزایش دما، سطح پوشش برف کاهش یافته و با کاهش دما این سطح افزایش می‌یابد. بارش برف از اوایل دسامبر شروع شده و سطح پوشش برف همزمان با نوسانات دما تغییر می کند. در اکثر سالها منحنی سطح پوشش برف از اوایل فوریه شروع به فروکش می نماید و باعث افزایش آبدهی در رودخانه پلرود می گردد. بطوریکه با کاهش سطح پوشش برف میزان رواناب افزایش می‌یابد.



شکل (۲) تغییرات ۸ روزه سطح پوشش برف و دمای سطح زمین در سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۵ از اول ماه نوامبر تا اول ماه می

تغییرات سطح پوشش برف با داده های مشاهداتی آبدهی

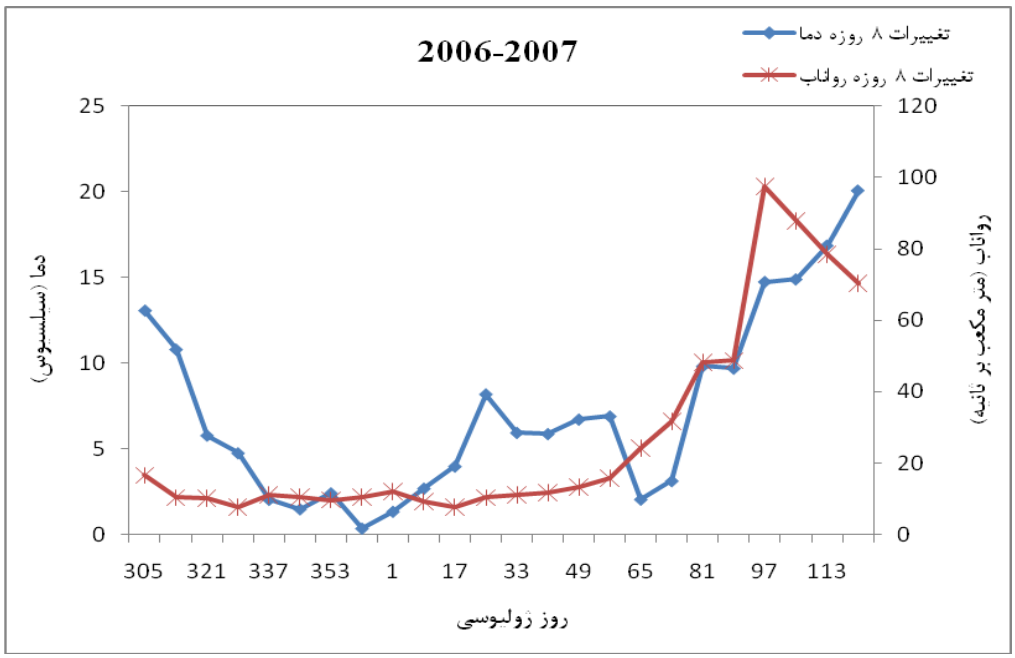
تغییرات سطح پوشش برف حاصل از داده های ماهواره ای با اطلاعات ثبت شده میزان آبدهی در ایستگاه پلرود با گام های زمانی ۸ روزه و در دوره زمانی اول ماه نوامبر تا ماه می سالهای ۲۰۰۰ الی ۲۰۰۹ نیز مقایسه گردید که بصورت نمونه در شکل (۳) ارائه گردیده است. همان‌طور که در شکل نیز مشاهده می گردد، هر چند که تغییرات سطح پوشش برف با میزان آبدهی روند خاصی را دنبال نمیکنند، اما بصورت کلی می توان نتیجه گرفت که کاهش سطح برف در اواخر فصل زمستان با افزایش میزان آبدهی رودخانه همراه بوده است. هر چند که سهم بارندگی ها نیز در افزایش آبدهی رودخانه قابل توجه می باشد . همانطور که از داده های مشاهداتی قابل استنتاج است ، افزایش آبدهی در اوایل تا اواخر ماه فوریه رخ داده است که عموما با یک کاهش تدریجی و یا ناگهانی سطح برف همراه بوده است. همچنین نتایج ارائه شده حاکی از برفگیر بودن حوضه در ارتفاعات و نقش قابل توجه برف در تغذیه منابع آب سطحی حوضه می باشد.



شکل (۳) تغییرات ۸ روزه سطح پوشش برف و رواناب در طی سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۷ از اول ماه نوامبر تا اول ماه می

تغییرات متوسط دمای سطحی با داده های مشاهداتی آبدهی

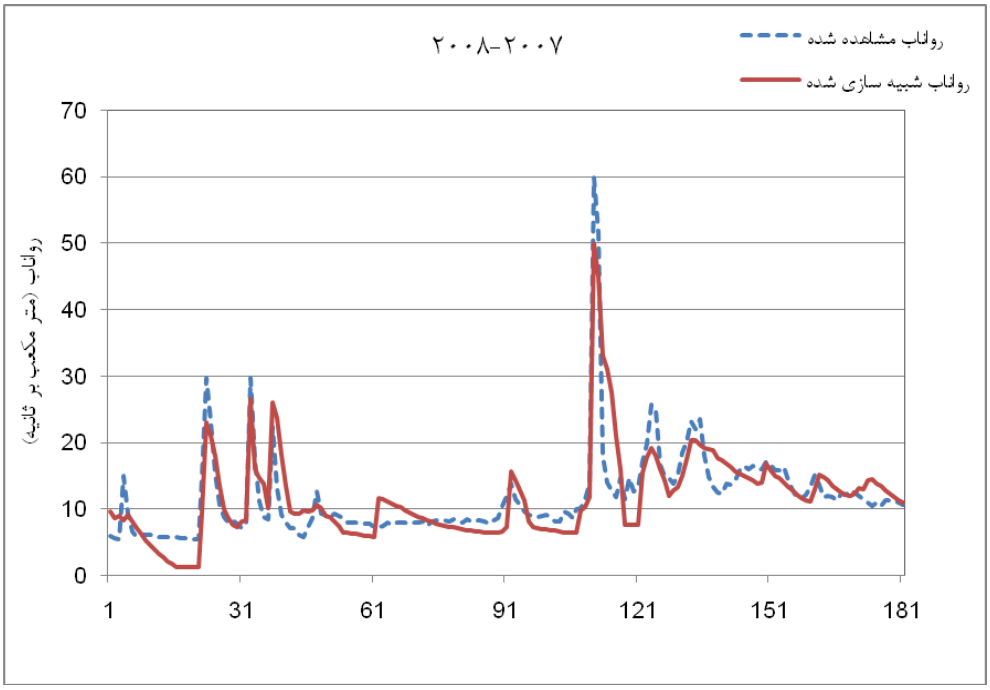
در شکل (۴) نیز تغییرات متوسط دمای سطحی حاصل از داده های ماهواره ای با اطلاعات ثبت شده میزان آبدهی در ایستگاه پلرود با گام های زمانی ۸ روزه و در دوره زمانی اول ماه نوامبر تا ماه بصورت نمونه مقایسه گردیده است. همان‌طور که در شکل نیز مشاهده می‌گردد، تغییرات دمای سطحی با میزان آبدهی در اکثر مواقع به جز تعدادی از روزها از روند یکسانی پیروی می کند . و بصورت کلی می توان نتیجه گرفت که افزایش دما با افزایش میزان ذوب برف و در نتیجه میزان ابدهی همراه بوده است.



شکل (۴) تغییرات ۸ روزه دمای سطح زمین و رواناب در طی سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۷ از اول ماه نوامبر تا اول ماه می

نتایج مدل SRM در شبیه‌سازی رواناب ناشی از ذوب برف

به منظور برآورد رواناب حاصل از ذوب برف با استفاده از مدل SRM پس از تهیه اطلاعات مربوط به سطح پوشش برف، بارندگی و دما، این داده ها به مدل معرفی شد . چون اطلاعات مربوط به دبی مشاه داتی به طور مجزا برای هر یک از زیرحوضه ها موجود نبود به ناچار، مدل SRM برای کل حوضه پلرود اجرا و رواناب حاصل از ذوب برف تعیین گردید . شکل (۵) شبیه‌سازی‌های مدل SRM را در طی سال ۲۰۰۷-۲۰۰۸ در حوضه آبریز رودخانه پلرود نشان می‌دهند.



شکل (۵) نوسانات رواناب مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده با مدل SRM طی سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۸ از اول ماه نوامبر تا اول ماه می

مدل SRM در حوضه های کوهستانی مختلفی که وسعت آن ها از ۰/۷۶ تا ۱۲۰۰۰۰ کیلومتر مربع و محدوده ارتفاعی ۳۰۵ تا ۷۶۹۰ متر متغیر می باشد، بکار برده شده است . به عنوان مثال این مدل برای شبیه سازی رواناب حاصل از ذوب برف حوضه Spanish Fork ایالت یوتا آمریکا که مساحتی در حدود ۱۶۵۵ کیلومتر مربع دارد مورد استفاده قرار گرفته است. در این شبیه-سازی مقدار ضریب تبیین، ۰/۸۵ و مقدار تفاضل حجمی، یک درصد برآورد گردید. همچنین از این مدل در حوضه Tupungato در آرژانتین که دارای وسعتی در حدود ۱۸۰۰ کیلومتر مربع است نیز استفاده شد . مقدار R^2، ۰/۶۳ و مقدار D_V، ۶/۴ درصد بود. مقدار این پارامترها در شبیه سازی که در حوضه Mapocho در شیلی صورت گرفت به ترتیب، ۰/۴۲ و ۲۹/۹ درصد تخمین زده شد (Martinec et al., 2008).

مقایسه نتایج حاصل از مدل SRM در شبیه سازی رواناب ناشی از بارندگی و ذوب برف در حوضه آبریز پلرود با داده های مشاهداتی آبدهی طی سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ حاکی از دقت نسبتا خوب و قابل قبول (با ضریب همبستگی ۳۱ تا ۷۹ درصد) بوده است. بالاترین دقت شبیه سازی‌ها (با ضریب همبستگی بالای ۷۰ درصد) به سال های ۰۳-۲۰۰۲، ۰۷-۲۰۰۶ و ۰۸-۲۰۰۷ اختصاص دارد و کمترین آنها در سالهای ۰۴-۲۰۰۳ و ۰۵-۲۰۰۴ رخ داده است.

تعیین سهم رواناب حاصل از ذوب برف در آورد رودخانه پلرود

مدل SRM این قابلیت را دارد که رواناب حاصل از ذوب برف و روانا ب حاصل از بارش را از هم تفکیک کند . در جدول (۲) این مقادیر به تفکیک مناطق ارتفاعی و برای سال های ۲۰۰۲-۲۰۰۳، ۲۰۰۶-۲۰۰۷ و ۲۰۰۷-۲۰۰۸ ارائه شده است . همان‌طور که ملاحظه می‌گردد در ارتفاعات، ذوب برف و در مناطق کم‌ارتفاع‌تر بارندگی، عامل اصلی ایجاد رواناب است.

دوره شبیه‌سازی	۲۰۰۳-۲۰۰۲				۲۰۰۷-۲۰۰۶				۲۰۰۸-۲۰۰۷			
مناطق ارتفاعی	رواناب ناشی از باران		رواناب ناشی از برف		رواناب ناشی از باران		رواناب ناشی از برف		رواناب ناشی از باران		رواناب ناشی از برف	
محدوده ارتفاعی	مساحت (km^2)	ارتفاع رواناب (سانتی‌متر)	حجم رواناب (10^4مترمکعب)	ارتفاع رواناب (سانتی‌متر)	حجم رواناب (10^4مترمکعب)	ارتفاع رواناب (سانتی‌متر)	حجم رواناب (10^4مترمکعب)	ارتفاع رواناب (سانتی‌متر)	ارتفاع رواناب (سانتی‌متر)	حجم رواناب (10^4مترمکعب)	ارتفاع رواناب (سانتی‌متر)	حجم رواناب (10^4مترمکعب)
۵۰۰۰–۰	۱۲۲/۶۲	۳۳/۷۴	۴۱۳۷/۱۷	۱۴/۰۵	۱۷۲۲/۸۰	۴۷/۴۶	۵۸۱۹/۵۰	۲۳/۲۵	۳۹/۳۰	۴۸۱۸/۹۳	۱۷/۳۶	۲۱۲۸/۶۷
۱۰۰۰–۵۰۰	۱۶۴/۲۱	۳۰/۰۹	۴۹۴۰/۹۸	۲۰/۹۵	۳۴۴۰/۱۳	۴۱/۳۵	۶۷۸۹/۹۴	۲۵/۵	۳۶/۸۰	۶۰۴۲/۸۱	۲۱/۲۲	۳۴۸۴/۴۶
۱۵۰۰–۱۰۰۰	۳۴۷/۴۹	۲۷/۲۶	۹۴۷۲/۶۴	۲۱/۱۲	۷۳۳۹/۰۳	۳۴/۹۲	۱۲۱۳۴/۴۳	۲۹/۶۴	۳۰/۱۰	۱۰۴۵۹/۵۱	۲۵/۸۳	۸۹۶۵/۳۰
۲۰۰۰–۱۵۰۰	۴۵۴/۴۶	۲۲/۰۸	۱۰۰۳۴/۵۳	۱۹/۲۹	۸۷۶۶/۵۸	۲۸/۸۳	۱۳۱۰۲/۱۵	۲۳/۴۰	۲۵/۵۲	۱۱۵۸۸/۷۹	۲۰/۳۴	۹۲۴۳/۷۶
۲۵۰۰–۲۰۰۰	۲۷۷/۶۱	۱۶/۳۴	۴۵۳۶/۱۱	۱۵/۶۷	۴۳۵۰/۱۲	۲۳/۴۶	۶۵۱۲/۶۸	۱۴/۰۲	۱۸/۸۵	۵۲۳۲/۹۱	۱۶/۷۱	۴۶۳۶/۰۵
۳۰۰۰–۲۵۰۰	۲۱۷/۵۸	۱۰/۴۸	۲۲۸۰/۲۹	۲۸/۷۲	۶۲۴۹/۰۳	۱۰/۵۷	۲۲۹۹/۸۷	۱۲/۲۱	۹/۸۶	۲۱۴۵/۳۸	۲۰/۸۸	۴۵۴۳/۱۷
۳۵۰۰–۳۰۰۰	۹۸/۸۲	۶/۰۶	۵۹۸/۸۷	۳۵/۷۸	۳۵۳۵/۹۳	۲/۰۶	۲۰۳/۵۸	۶/۲۸	۴/۱۳	۴۰۵/۱۸	۲۲/۱۳	۲۱۸۶/۹۸
۴۰۰۰–۳۵۰۰	۲/۱۴	۱/۶۲	۳/۴۷	۲۴/۷۴	۵۳/۰۳	۰/۸۳	۱/۷۸	۵/۰۷	۱/۲۳	۲/۶۳	۱۳/۴۰	۲۸/۷۳
جمع	۱۶۸۵		۳۶۰۰۴/۰۵		۳۵۴۵۶/۶		۴۶۸۶۳/۹۳			۴۰۶۹۶/۱۳		۳۵۲۱۷/۱۱
حجم کل رواناب	۷۱۴۶۰				۸۲۰۱۶				۷۵۹۱۳			

همان‌طور که در جدول (۳) نیز ملاحظه می‌شود، ذوب برف سهم بسیار زیادی در ایجاد رواناب و آبدهی رودخانه پلرود دارد و حتی در طی سال های ۲۰۰۲-۲۰۰۳ تقریبا با سهم رواناب ناشی از باران برابر است.

جدول (۳) تفکیک سهم رواناب ناشی از باران و رواناب ناشی از ذوب برف در طی دوره شبیه‌سازی در حوضه آبریز رودخانه پلرود

۲۰۰۳-۲۰۰۲		۲۰۰۷-۲۰۰۶		۲۰۰۸-۲۰۰۷	
درصد رواناب ناشی از باران	درصد رواناب ناشی از ذوب برف	درصد رواناب ناشی از باران	درصد رواناب ناشی از ذوب برف	درصد رواناب ناشی از باران	درصد رواناب ناشی از ذوب برف
۵۰/۴	۴۹/۶	۵۷/۱	۴۲/۹	۵۳/۶	۴۶/۴

نتیجه گیری

مقایسه نتایج حاصل از مدل SRM در شبیه‌سازی رواناب ناشی از بارندگی و ذوب برف در حوضه آبریز پلرود با د اده های مشاهداتی آبدهی طی سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ حاکی از دقت نسبتا خوب و قابل قبول (با ضریب همبستگی ۳۱ تا ۷۹ درصد) بوده است. بالاترین دقت شبیه سازی‌ها (با ضریب همبستگی بالای ۷۰ درصد) به سال های ۰۳-۲۰۰۲، ۰۷-۲۰۰۶ و ۰۸-۲۰۰۷ اختصاص داشته و کمترین آنها در ساله ای ۰۴-۲۰۰۳ و ۰۵-۲۰۰۴ رخ داده است.

ذوب برف سهم بسیار زیادی در ایجاد رواناب و آبدهی رودخانه پلرود داشته و تقریبا با سهم رواناب ناشی از باران برابر بوده است (۴۲ تا ۴۰ درصد). مقایسه تغییرات سطح پوشش برف و دمای سطحی حاصل از داده های ماهواره ای با میزان آبدهی نیز موید این مطلب بود که رواناب ناشی از ذوب برف نقش بسزایی در آورد رودخانه پلرود دارد ، بطوریکه با کاهش سطح برف و افزایش دمای برف، آبدهی حوضه افزایش قابل توجهی داشته است . همچنین سهم برف در ایجاد رواناب در ارتفاعات بالاتر بوده و با کاهش ارتفاع حوضه نقش بارندگی پر رنگتر است.

منابع

۱-پرهمت ج.، ثقفیان ب. و صدقی ح. (۱۳۸۴). بررسی کاربرد مدل SRM در شبیه‌سازی رواناب حاصل از ذوب برف با استفاده از داده‌های ماهواره-ای در حوضه‌های بدون آمار برف (مطالعه موردی حوضه خرسان در کارون). مجله تحقیقات منابع آب ایران، ۱(۱): ۱-۱۱.

۲-رسولی ع.ا. و ادهمی س. (۱۳۸۶). محاسبه آب معادل از پوشش برف با پردازش تصاویر سنجنده MODIS. جغرافیا و توسعه، شماره ۱۰: ۲۳-۳۶.

۳-نجفی م.ر.، شیخی‌وند ج.، و پرهمت ج . (۱۳۸۳). برآورد رواناب حاصل از ذوب برف در حوضه های برف‌گیر با استفاده از مدل SRM (مطالعه موردی حوضه سد مهاباد). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۱(۳): ۱۱۱-۱۲۱.

4-Carroll T., Cline D., Fall G., Nilsson A., Li L. and Rost A. 2001. NOHRSC operations and the simulation of snow cover properties for the coterminous U.S. *Proceedings of the 69th Western Snow Conference*, Sun Valley, 16–19 April 2001.

5-Kaya I. 1999. Application of snowmelt runoff model using remote sensing and geographic information systems, Master of Science Thesis, Water resources laboratory, Civil Engineering Department, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Middle East Technical University.

6-Martinec J., Rang A. and Raberts R. 2008. Snowmelt Runoff Model Users Manual.

7-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.

8-Warren S.G. 1982 Optical properties of snow. *Reviews of Geophysics and Space Physics*, 20(1), 67–89.

Estimation of snow runof fraction in discharge of Polroud river basin

Vazifedoust,Majid

Assistant Professor, Irrigation Department, Guilan University,Rasht, Iran
Email:majid.vazifedoust@yahoo.com

Ashrafzadeh, Afshin

Assistant Professor, Irrigation Department, Guilan University,Rasht, Iran

Mousavi, Ali

MSC, Irrigation Department, Guilan University,Rasht, Iran

Samipour, Fateme

MSC, Water engineering consulting company

Abstract

To perform a runoff-rainfall simulation and estimate the impact of snowmelt on discharge of Polroud river basin, a study was conducted using optical satellite data and hydrological model. For this purpose, time series of snow cover extend and snow temperature over Polroud basin were derived from MODIS satellite data during a 9-year-period from 2000 to 2009. Then, these data were assimilated into a Snowmelt Runoff Model (SRM) produced by Martinec in 1975.
The results indicated a rather good correlation (R^2=31 to 79%) between simulated runoff data and observation collected from two hydrometric stations in the basin. The results showed also that snowmelt has a significant impact on river discharge (40 to 42 %). Comparison of snow cover extend and snow temperature data with the river discharges, confirmed the important role of snowmelt in participating in river discharge.