

برآورد رواناب حاصل از ذوب برف با استفاده از مدل SRM در حوضه آبخیز طالقان

انیس نوری^۱، مهدی وفاخواه^{۲*} و سید کاظم علوی پناه^۳

چکیده

هدف از این مطالعه ارزیابی مدل SRM در برآورد رواناب روزانه اندازه‌گیری شده در ایستگاه آب‌سنجی گلینک می‌باشد. در این پژوهش ورودی‌های مدل شامل متغیرهای هیدرولوژی، هواشناسی و وضعیت فیزیکی حوضه آبخیز محاسبه شد و ۷۲ گذر از تصاویر ماهواره MODIS، برای تعیین سطح پوشش برف استفاده شد و بعد از اعمال ورودی‌ها به مدل، شبیه‌سازی رواناب انجام گرفت. مقایسه آب‌نمودها از طریق ضریب کارایی نش- ساتکلیف و درصد اختلاف حجم دبی انجام شد. مقادیر ضریب کارایی و درصد اختلاف حجم دبی در ایستگاه گلینک برای دوره واسنجی ۰/۹۵ و ۲/۰۷ درصد و برای دوره صحت‌سنجی ۰/۸۶ و ۴/۸۱ درصد محاسبه گردید که نشان می‌دهد مدل با کارایی بالا و حداقل خطا رواناب حاصل از ذوب برف را برآورد نموده است.

واژه‌های کلیدی: تصویر MODIS، ذوب برف، رواناب، مدل‌سازی.

ارجاع: نوری ا. وفاخواه م. و علوی پناه س. ک. ۱۳۹۵. برآورد رواناب حاصل از ذوب برف با استفاده از مدل SRM در حوضه آبخیز طالقان. مجله پژوهش آب ایران. ۲۲: ۱۶۳-۱۶۷.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.

۲- دانشیار گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.

۳- استاد گروه سنجش اژدور، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

* نویسنده مسئول: yafakhah@modares.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۱۹

مقدمه

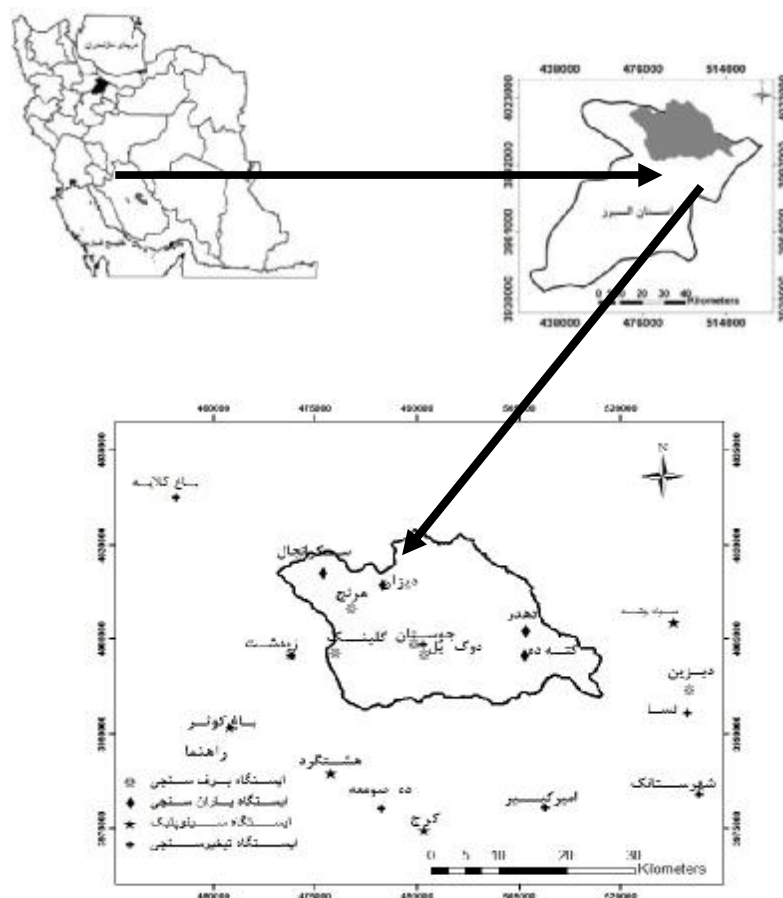
برف در حوضه آبخیز یک ذخیره آبی بوده و اطلاع داشتن از مقدار آن برای پیش‌بینی سیلاب‌ها، تولید برق، تولیدات کشاورزی و آب آشامیدنی ضروری می‌باشد (لی و ویلیامز، ۲۰۰۸). برخلاف باران، ذخایر برف به دلیل چرخه کند هیدرولوژیکی، از منابعی محسوب می‌شود که در فصول کم‌آبی می‌توان با اطمینان بیشتری برای استفاده بهینه از آن برنامه‌ریزی کرده و محل مصرف ضروری آن را مشخص نمود. مقدار ذوب برف با روش‌های متعددی از قبیل بیلان انرژی، درجه-روز و تابش-دما برآورد شده است. پژوهشگرانی از قبیل کلاین و همکاران (۱۹۹۸) و هومان و همکاران (۲۰۱۱) رواناب حاصل از ذوب برف را با روش بیلان انرژی محاسبه کردند. مدل بیلان انرژی نیاز به داده‌های زیادی دارد و به دلیل کمبود داده در حوضه‌های آبخیز کوهستانی قابل استفاده نمی‌باشد (دان و کولهان، ۱۹۹۹؛ هوک، ۱۹۹۹؛ رنگو و مارتین، ۱۹۹۵ و سینگ و همکاران، ۲۰۰۰). منطقه مورد مطالعه بخشی از حوضه آبخیز طالقان است که به طور عمده کوهستانی می‌باشد از

این‌رو به منظور تخمین رواناب حاصل از ذوب برف در این منطقه از نسخه درجه-روز مدل SRM استفاده شده است. این پژوهش به منظور ارزیابی دقت این مدل در برآورد رواناب حاصل از ذوب برف در دو ایستگاه آب‌سنجی جوستان و گلینک انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

خصوصیات منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز طالقان مساحتی بالغ بر ۱۳۲۵۰۰ هکتار دارد که شامل ۲/۳ درصد حوضه آبخیز سفیدرود می‌باشد. در این پژوهش بخشی از حوضه آبخیز طالقان مورد مطالعه قرار گرفته است که به طور عمده کوهستانی می‌باشد و حداکثر و حداقل ارتفاع آن به ترتیب ۴۱۴۰ و ۱۷۷۰ متر از سطح دریا است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌ها

داده‌های مورد نیاز

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، داده‌های بارندگی، درجه حرارت، دبی، عمق، چگالی و آب معادل برف در ایستگاه‌های باران‌سنجی، تبخیرسنجی، برف‌سنجی و آب‌سنجی و داده‌های رقومی سنجنده MODIS ماهواره‌های Terra و Aqua در سال‌های ۸۸-۱۳۸۷ و ۸۹-۱۳۸۸ می‌باشد.

روش پژوهش

در این پژوهش، مدل کلاسیک SRM برای برآورد رواناب در دو ایستگاه آب‌سنجی گلینک و جویستان در حوضه آبخیز طالقان برای سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ و ۸۹-۱۳۸۸ استفاده گردید. داده‌های ضروری برای اجرای مدل SRM شامل ویژگی‌های حوضه آبخیز، متغیرها و پارامترهای هواشناسی و هیدرولیکی حوضه می‌باشد (مارتین و همکاران، ۲۰۰۸). اطلاعات مورد نیاز برای اجرای مدل در هر طبقه ارتفاعی بر طبق رابطه (۱) محاسبه گردید.

$$Q_{n+1} = [C_{sn}a_n(T_n)S_n + C_{Rn}P_n] \frac{10000}{86400} (1 - K_{n-1})A + Q_n K_{n-1} \quad (1)$$

در این رابطه، Q دبی روزانه (مترمکعب بر ثانیه)، C_s ضریب رواناب برف، C_R ضریب رواناب باران، a فاکتور درجه-روز (سانتی‌متر بر سلسیوس بر روز)، T درجه حرارت (سلسیوس)، S نسبت مساحت پوشش برف به مساحت کل حوضه آبخیز، P بارش مولد رواناب (سانتی‌متر)، A مساحت حوضه یا ناحیه انتخابی (کیلومتر مربع)، n توالی روزها در طی دوره می‌باشد.

مساحت طبقات ارتفاعی و منحنی ارتفاع-مساحت از جمله اطلاعات ورودی مدل هستند. برای تعیین منحنی ارتفاع-مساحت، حوضه آبخیز مورد تحقیق به طبقات ارتفاعی ۵۰ متر تقسیم شد (مارتین و رانگو، ۲۰۰۸).

متغیرها

سطح پوشش برف

برای استخراج سطح پوشش برف از تصاویر زمین مرجع شده (MODIS (L 1B سایت NASA^۱ در روزهای بدون پوشش ابر استفاده شد. نمونه‌گیری مجدد^۲ به روش

نزدیک‌ترین همسایه^۳ صورت پذیرفت و از باندهای ۴ و ۶ برای استخراج نمایانه برفی تفاضلی نرمال شده^۴ یا NDSI استفاده گردید (هال و همکاران، ۲۰۰۹).

$$NDSI = \frac{MODIS_{Band\ 4} - MODIS_{Band\ 6}}{MODIS_{Band\ 4} + MODIS_{Band\ 6}} \quad (2)$$

در این رابطه $MODIS_{Band\ 4}$ و $MODIS_{Band\ 6}$ به ترتیب تصاویر باند چهارم و ششم سنجنده MODIS پس از انجام تصحیحات رادیومتریک است. بر اساس الگوریتم ارائه شده سطح پوشش برف از تصاویر سنجنده MODIS استخراج گردید و مقدار و درصد مساحت پوشیده شده از برف در هر ناحیه ارتفاعی به دست آمد (شکل ۲).

دمای متوسط روزانه

دمای متوسط روزانه در هر ناحیه ارتفاعی با استفاده از یازده ایستگاه‌های تبخیرسنجی و سینوپتیک داخل و اطراف آبخیز (شکل ۱) با استفاده از روش گرادیان درجه حرارت تعیین گردید.

بارش روزانه

در این پژوهش از داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های باران‌سنجی سکرانچال، دیزان، دهر، و گته‌ده و ایستگاه‌های تبخیرسنجی زیدشت و جویستان با روش گرادیان بارش، مقدار بارش در هر ناحیه ارتفاعی بر حسب سانتی‌متر تعیین شد.

ضریب فروکش دبی^۵

ضریب فروکش استفاده شده در مدل SRM برای کنترل کاهش دبی در طول دوره بدون ذوب برف یا بارش باران است که با استفاده از داده‌های دبی روزانه سال‌های آبی ۸۹-۱۳۴۹ به صورت سری زمانی تعیین گردید.

نمایه‌های کارآیی و ارزیابی مدل

کارآیی مدل SRM با دو مشخصه ضریب کارآیی ناش-ساتکلیف و اختلاف حجم ارقام دبی مورد ارزیابی قرار گرفت.

3- Nearest Neighbour

4- Normalized Difference Snow Index (NDSI)

5- Recession coefficient

1- <http://ladsweb.nascom.nasa.gov>

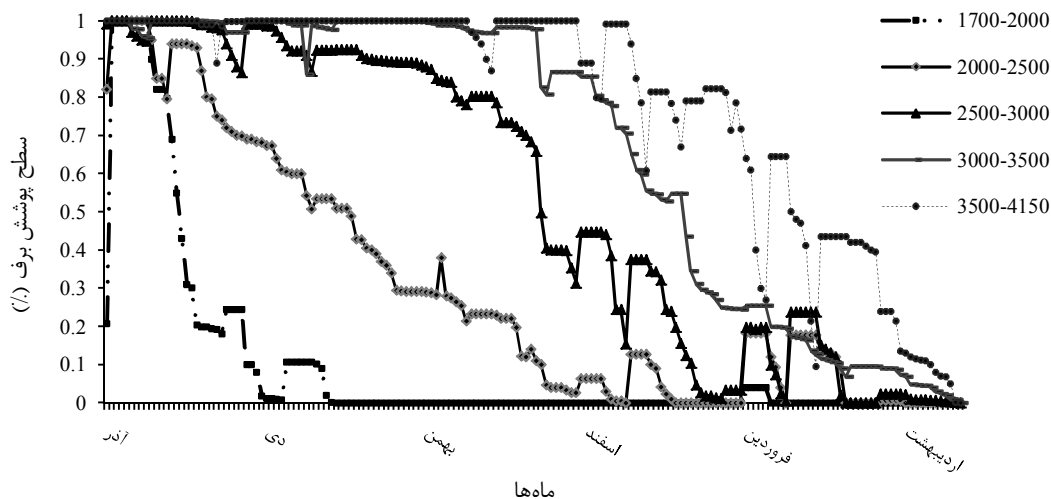
2- Resampling

نتایج و بحث

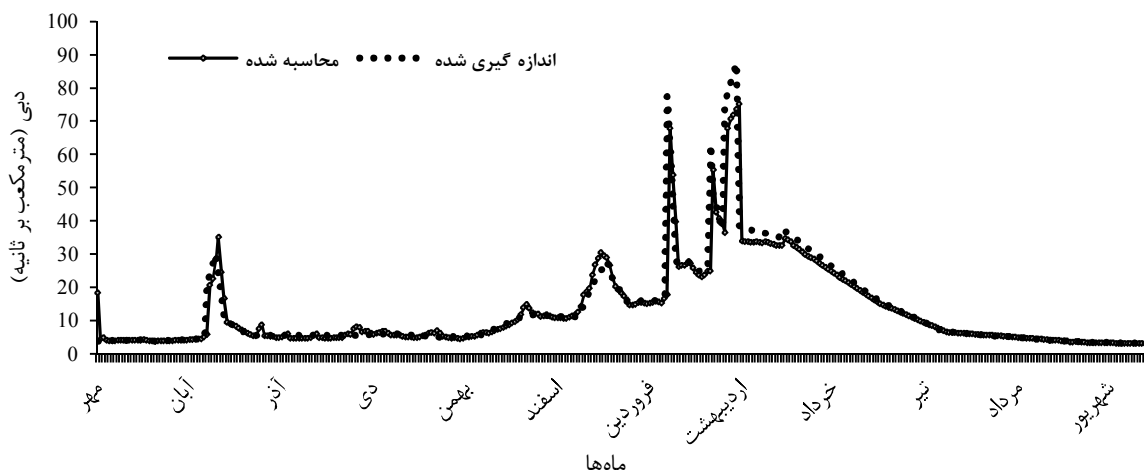
می‌گردد که مدل SRM به طور رضایت‌بخشی رواناب روزانه را برآورد کرده است. کیفیت برازش مدل در برآورد رواناب روزانه در دوره صحت‌سنجی نسبت به دوره واسنجی کاهش یافته است. در منطقه مورد مطالعه ناحیه ارتفاعی دو (۲۰۰۰-۲۵۰۰ متر) بیشترین سهم را در تولید رواناب حوضه آبخیز طالقان دارد و ناحیه ارتفاعی چهار و پنج (۳۰۰۰-۴۱۵۰ متر) بیشترین سهم ذوب برف از رواناب روزانه برآورد شده را دارند.

با توجه به آبنمود شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده (شکل ۳)، مشاهده می‌گردد که مقادیر اوج رواناب در ماه فروردین و اردیبهشت و به دنبال بارش باران و ذوب برف به وقوع پیوسته است.

در پژوهش حاضر عملکرد مدل SRM با دو مشخصه ضریب کارایی ناش- ساتکیف و اختلاف حجم ارقام دبی مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به جدول ۱ مشاهده



شکل ۲- سطح پوشش برف در طبقات ارتفاعی مختلف حوضه آبخیز سال ۸۹-۱۳۸۸



شکل ۳- آبنمود برآورد شده برای ایستگاه آب‌سنجی گلینک (دوره صحت‌سنجی)

جدول ۱- عملکرد مدل SRM در برآورد رواناب روزانه

دوره	حجم رواناب اندازه‌گیری شده ($10^6 m^3$)	میانگین رواناب اندازه‌گیری شده (m^3/s)	حجم رواناب محاسبه شده ($10^6 m^3$)	میانگین رواناب محاسبه شده (m^3/s)	درصد اختلاف حجم (%)	ضریب کارایی
واسنجی	۳۵۷/۹	۱۱/۴	۳۵۰/۱	۱۱/۱	۲/۰۷	۰/۹۵
صحت‌سنجی	۴۲۴/۵	۱۳/۵	۴۰۷/۱	۱۲/۹	۴/۸۱	۰/۸۶

Computations. Water Resource Bulletin. 31: 657-669.

9. Singh P. Kumar N. and Arora M. 2000. Degree-day Factors for Snow and Ice for Dokriani Glacier, Garhwal Himalayas. X, 235: 1-11.

نتیجه‌گیری

بعد از اعمال ورودی‌ها به مدل، آب‌نمود برآورد شده و اندازه‌گیری شده ضریب کارایی نش-ساتکلیف و درصد اختلاف حجم مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که مدل SRM در مراحل واسنجی و صحت‌سنجی در دو ایستگاه آب‌سنجی جویستان و گلینک نشان‌دهنده قابلیت پیش‌بینی رواناب ناشی از باران و ذوب برف با دقت مناسب در حوضه آبخیز طالقان می‌باشد. بررسی‌های مارتین و همکاران (۲۰۰۸) که مبین کارایی قابل قبول مدل SRM در حوضه آبخیز با محدوده ارتفاعی و مساحت‌های مختلف از ۰/۷۶ تا ۹۱۷۴۴۴ کیلومترمربع برای برآورد رواناب روزانه می‌باشد، تأییدی بر نتایج این پژوهش است که در مساحت ۸۰۴/۲۹ کیلومترمربع برای ایستگاه آب‌سنجی گلینک مورد ارزیابی قرار گرفت.

منابع

1. Cline D. Elder K. and Bales R. 1998. Scale Effects in a Distributed Snow Water Equivalence and Snowmelt Model for Mountain Basins. Hydrological Processes. 12: 1527-1536.
2. Dunn S. M. and Colohan R. J. E. 1999. Developing the Snow Component of a Distributed Hydrological Model: A Step-Wise Approach Based on Multiobjective Analysis. Journal of Hydrology. 223: 1-16.
3. Hall D. K. Riggs G. A. Salomonson V. V. DiGirolamo N. E. and Bayr, K. J. 2002. MODIS Snow Cover Products. Remote Sensing of Environment. 83: 181-194.
4. Hock R. 1999. A Distributed Temperature-Index Ice- and Snowmelt Model Including Potential Direct Solar Radiation. Journal of Glaciology. 45: 101-111.
5. Homan J. W. Luce C. H. McNamara J. P. and Glenn N. F. 2011. Improvement of Distributed Snowmelt Energy Balance Modeling with MODIS-based NDSI-derived Fractional Snow-covered Area Data. Hydrological Processes. 25: 650-660.
6. Li X. and Williams M. W. 2008. Snowmelt Runoff Modelling in an Arid Mountain Watershed, Tarim Basin, China. Hydrological Processes. 22(19): 3931-3940.
7. Martinec J. Rango A. and Roberts, R. T. 2008. Snowmelt Runoff Model (SRM) User's Manual, New Mexico: New Mexico State University Press. 177 p.
8. Rango A. and Martinec J. 1995. Revisiting the Degree Day Method for Snowmelt

