شبیه سازی رواناب ناشی از ذوب برف در حوضه‌های کوهستانی با استفاده از مدل SRM مطالعه موردی حوضه آبریز بازفت

دریافت مقاله: ۹۰/۷/۱۰ پذیرش نهایی: ۹۰/۹/۲۰
صفحات: ۱۴۱- ۱۲۹

ابراهیم فتاحی: استادیار هیات علمی پژوهشکده اقلیم شناسی مشهد
مجید دلاور: دانشجوی دکتری منابع آب دانشگاه تهران
الهه قاسمی: کارشناس ارشد اقلیم شناسی

چکیده

حوضه آبریز بازفت یکی از زیر حوضه های آبریز کارون بزرگ می‌باشد این حوضه آبریز کاملاً کوهستانی و مرتفع می باشد و رواناب ناشی از ذوب برف در آن از اهمیت زیادی برخوردار است. در این تحقیق سعی شده است با استفاده از مدل شبیه سازی رواناب حاصل از ذوب برف SRM (Snowmelt Runoff Modelling)، رواناب روزانه حاصل از ذوب برف با استفاده از اطلاعات برف بدست آمده از تصاویر هشت روزه سنجنده MODIS در این حوضه آبریز مورد شبیه‌سازی و ارزیابی قرار گیرد. نتایج کاربرد مدل، شبیه سازی موفق و قابل قبولی را نشان داد بطوریکه نتایج حاصل از ارزیابی مدل با استفاده از دو شاخص ضریب تبیین و تفاضل حجمی به تربیت برابر با ۸۲ و ۱۸/۹- درصد می باشد. مقادیر بدست آمده دقت بالای مدل را در برآورد رواناب حاصل از ذوب برف را برای حوضه مذکور نشان می‌دهد. و نشانگر قابلیت کاربرد مدل برای حوضه های دیگر منطقه می باشد.

کلید واژگان: شبیه سازی، ذوب برف، مدل SRM، سطح پوشش برف، حوضه بازفت

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

شبیه‌سازی و پیش‌بینی رواناب آبهای سطحی و رودخانه‌ها در زمینه‌های مختلف از جمله در بخش تامین آب شرب، کشاورزی و صنعت، کنترل و هشدار سیل، گردشگری و مدیریت مخازن دارای کاربرد می‌باشد. لذا برای پیش‌بینی زمان واقعی و اقلیمی رواناب ها غالباً از مدلهای هیدرولوژیکی شبیه‌سازی رواناب استفاده می‌گردد که عموماً بر اساس بارش باران و ذوب برف عمل می‌کنند. در اکثر مواقع کار با داده‌های این مدلها سخت و پیچیده است اما چندین مدل وجود دارد که توانسته‌اند با سهولت بیشتر شرایط مختلف هیدرولوژیکی را برآورده کنند. مشهورترین آنها، SRM[۱] (Martinec, ۱۹۷۵)، UBC[۲](Quick, ۱۹۹۵) و PRMS[۳] (Leavesley, ۱۹۸۳) هستند. در بین تمام این مدلها، مدل SRM با استفاده از مساحت پوشش برف به عنوان ورودی ، دارای بیشترین کاربرد در زمینه پیش بینی و شبیه سازی رواناب حوضه های کوهستانی است.

این مدل بر اساس شاخص درجه – روز عمل می‌کند و اولین‌بار توسط مارتینک (۱۹۷۵) به منظور شبیه‌سازی و پیش‌بینی رواناب روزانه حاصل از ذوب‌برف در حوضه‌های کوچک کوهستانی در اروپا ارائه شده است. این مدل بعدها توسعه یافته و در بیش از ۱۰۰ حوضه در محدوده عرض های جغرافیایی ۳۲ تا ۶۰ درجه شمالی و ۳۳ تا ۵۴ درجه جنوبی و با مساحتهای ۰/۲۹ تا ۹۱۷۴۴۴ کیلومتر مربع در بیش از ۳۰ کشور مورد استفاده قرارگرفته‌است (Seidel & Martinec, ۲۰۰۴).

در این مدل ریزش برف و باران با استفاده از دمای آستانه تفکیک می‌شود و پوشش برفی حوضه با استفاده از برداشت زمینی و یا استفاده از روش‌های سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای تعیین می‌گردد. بنحوی که در حوضه‌های کوهستانی و فاقد اطلاعات زمینی مربوط به پوشش برف می‌توان از این مدل استفاده کرد. بطوریکه این مدل می تواند برای اهداف ذیل بکار برده شود:

۱- شبیه‌سازی رواناب روزانه ناشی از ذوب برف در یک فصل سال یا دوره چند ساله که به منظور بهبود عملکرد مدل و تعیین پارامترهای آن در حوضه مورد نظر، رواناب شبیه سازی شده با رواناب اندازه‌گیری شده مقایسه می‌گردد. همچنین در حوضه‌هایی که فاقد ایستگاه

۱. Snowmelt Runoff Model
۲ .University of British Columbia
۳. Precipitation-Runoff Modeling System

Archive of SID

www.SID.ir

هیدرومتری می‌باشند، شبیه سازی می‌تواند برای محاسبه الگوی فصلی یا سالانه رواناب بکار برده شود.

۲- پیش بینی کوتاه مدت و فصلی رواناب با استفاده از دما و بارش پیش بینی شده به عنوان داده‌های ورودی، رواناب در یک دوره کوتاه مدت (یک هفته ای) یا یک دوره فصلی پیش بینی می‌شود. برای دسترسی به دقت بالاتر در پیش بینی، مقادیر پیش بینی شده و اندازه گیری شده در هر دوره چند روزه با یکدیگر مقایسه می‌گردد.

۳- اثر تغییرات اقلیم بر پوشش برف و تغییرات رواناب ناشی از آن را بررسی می کند (WinSRM,۲۰۰۷).

مالچر و هیدینگر (۲۰۰۱) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS[۱]، رواناب حاصل از ذوب برف را زیر حوضه های کشور اتریش با استفاده از مدل SRM شبیه سازی کردند. هانگ و همکارانش (۲۰۰۳) نیز این مدل را برای شبیه‌سازی جریان حاصل از ذوب برف در حوضه آبریز رودخانه گانمیسی در غرب چین بکار بردند و به نتایج قابل قبولی دست‌یافتند. با توجه به اینکه آنها سطح پوشش برف را با استفاده تصاویر ماهواره‌ای برآورد نمودند، نتایج حاصل از مدل نشان‌داد سطح پوشش برف به تغییرات اقلیم و بخصوص کاهش دما وابسته است.در ترکیه امره و همکاران (۲۰۰۵) به منظور مدل‌سازی رواناب حاصل از ذوب‌برف در بالادست حوضه آبریز فرات از منحنی‌های تخلیه برف استخراج شده از نقشه‌های پوشش برف MODIS استفاده کردند. نتایج اولیه مطالعه ایشان نشان‌داد که از این اطلاعات می‌توان برای شبیه‌سازی و همچنین پیش‌بینی رواناب ذوب‌برف در آن کشور استفاده‌کرد.

جاین و همکارانش (۲۰۰۵) مدل SRM را برای بررسی تغییر اقلیم با استفاده از چگونگی میزان تغییرات رواناب حاصل از ذوب برف در شمال‌غربی چین بکاربردند، نتایج این مطالعه نشان داد تغییر فصل ذوب برف، افزایش جریان آب در فصل ذوب و کاهش در جریانهای بعد از فصل ذوب، تحت سناریو۴ درجه سانتیگراد افزایش دما رخ داده است. جورجیوسکی (۲۰۰۹) نیز از این مدل و تصاویر ۸ روزه پوشش برف MODIS؛ MOD۱۰A۲ برای شبیه‌سازی جریان ذوب برف در روسیه استفاده کرد و نتیجه‌گرفت که این مدل را می‌توان برای پیش‌بینی کوتاه‌مدت رواناب در دامنه کوه‌ها و مناطقی از حوضه‌آبریز کراسنودار در روسیه مورد استفاده قرارداد.

هارشبرگر و همکارانش (۲۰۱۰) با استفاده از مدل SRM، داده‌های برف سنجنده MODIS و اطلاعات ایستگاه‌های تله‌متری برف در حوضه‌های کوهستانی غرب ایالات متحده به بررسی

۱. ModerateResolution Imaging Spectroradiometer

Archive of SID

www.SID.ir

جریانهای کوتاه مدت تا متوسط ۱ تا ۱۵ روزه پرداختند و به منظور بهینه‌سازی عملکرد مدل و کمک به اجرای آن از روش شاخص درجه حرارت برای دستیابی به میزان ذخیره برفی و از حداکثر و حداقل دمای بحرانی برای جداسازی بارش جامد و مایع و یا مخلوطی از باران و برف استفاده‌کردند. مقایسه این شبیه‌سازی نشان داد پیشرفت قابل‌توجهی در بهبود عملکرد مدل رویداده است.

از آنجا که بیشتر حوضه های آبریز ایران کوهستانی و برفگیر می باشد، استفاده از مدل SRM به همراه تصاویر ماهواره‌ای در سالهای اخیر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. از جمله آنها می‌توان به کاربرد مدل SRM به همراه سطح پوشش‌برف بدست آمده از تصاویر ماهواره NOAA در حوضه آبریز خرسان توسط پرهمت و همکاران (۱۳۸۴) اشاره کرد. بیرودیان(۱۳۸۴) در تخمین رواناب حوضه آبریز زیارت و حسینی و پرهمت (۱۳۸۶) در حوضه آبریز طالقان از این مدل استفاده کردند. نجفی و همکارانش (۱۳۸۶) با استفاده از تصاویر سنجنده AVHRR و میریعقوب‌زاده (۱۳۸۶) و قاسمی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS، از مدل SRM برای شبیه‌سازی رواناب حاصل از ذوب برف در حوضه‌های شهرچایی ارومیه، سد کرج و حوضه آبریز بختیاری بهره‌جستند و به نتایج قابل قبولی در برآورد رواناب حاصل از ذوب برف برای مناطق مذکور دست یافته‌اند که بیانگر قابلیت کاربرد مدل برای حوضه های دیگر در این مناطق می‌باشند.

در این پژوهش سعی شده که کاربرد مدل SRM و تصاویر سنجنده ماهواره‌ای MODIS برای شبیه سازی رواناب حوضه آبریز بازفت مورد بررسی قرار گیرد.

روش کار

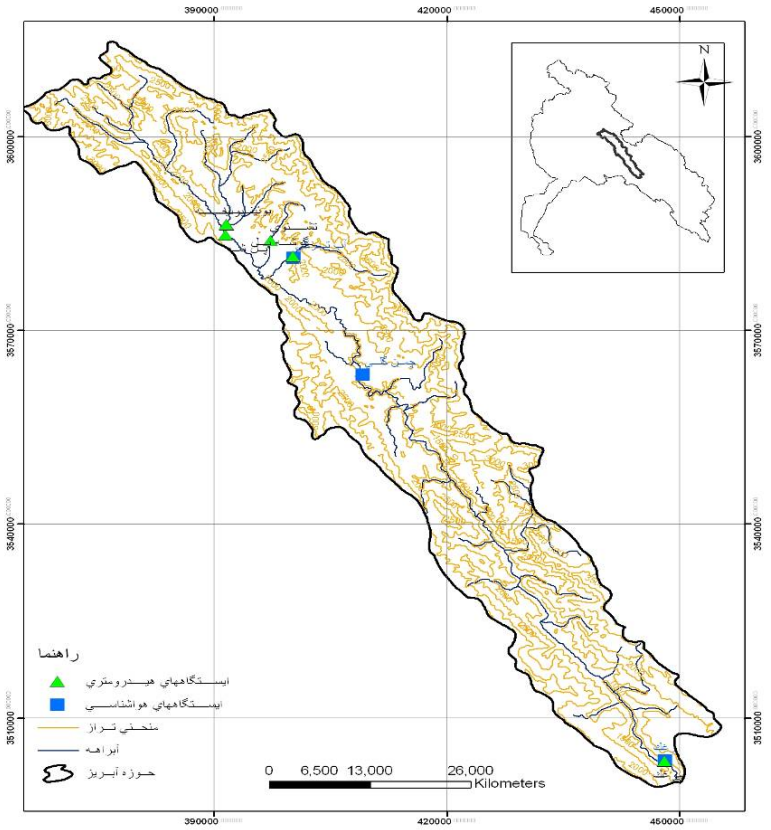
- ناحیه مورد مطالعه

حوضه آبریز بازفت یکی از زیر حوضه های آبریز کارون بزرگ با وسعت ۲۹۷۳ کیلومترمربع می‌باشد که در قسمت مرکزی حوضه واقع شده است. این حوضه کاملاً کوهستانی و مرتفع بوده بطوریکه ۲۹۲۴ کیلومترمربع از وسعت آن را ارتفاعات تشکیل می‌دهد. حداقل ارتفاع در حوضه ۸۶۱ متر و حداکثر ارتفاع آن ۴۰۹۱ متر از سطح دریا مربوط به قسمت‌های شمالی آن می‌باشد. متوسط رقم ارتفاعی در این محدوده معادل ۲۱۱۵ متر از سطح دریا می‌باشد. رودخانه بازفت، از شاخه های مهم رودخانه کارون بوده که از دامنه های کوه های بلند تورک و منار واقع در ۸۰ کیلومتری جنوب غربی فریدن سرچشمه می گیرد. طول این رودخانه ۱۶۰ کیلومتر بوده و حوضه آبریز آن در مناطق مرتفع، برفگیر و کوهستانی واقع گردیده است. و دارای جریان آب

Archive of SID

www.SID.ir

دائمی است. دبی متوسط دراز مدت این رودخانه در ایستگاه مرغک حدود ۶۹/۱ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد. شکل شماره (۱) موقعیت حوضه آبریز بازفت را نشان می‌دهد.



شکل (۱) موقعیت حوضه آبریز بازفت

– ساختار مدل رواناب ذوب برف

مدل SRM یک مدل هیدرولوژیکی، مفهومی و عینی براساس روش درجه - روز است این مدل به منظور شبیه سازی و پیش‌بینی جریان روزانه در حوضه های کوهستانی که مهمترین عامل در تولید رواناب در این حوضه ها، ذوب برف می‌باشد، طراحی شده است.(WinSRM, ۲۰۰۷).

محاسبه میزان آب تولید شده در این حوضه در اثر ذوب برف و بارش باران با استفاده از معادله زیر انجام می شود:

www.SID.ir

$$Q_{n+1} = [C_{sn} a_n (T_n + \Delta T_n) S_n + C_{Rn} P_n] \frac{A \times 10000}{86400} (1 + k_{n+1}) + Q_n k_{n+1} \qquad (۱)$$

که در آن A = مساحت حوضه آبریز در هر زون به Km^2، n= شماره روز در یک دوره محاسباتی و $\frac{10000}{86400}$ = ضریبی است که واحد Q را $[cm\ km^2 d^{-1}]$به $[m^3 s^{-1}]$ تبدیل می کند. متغیرهای: Q = خروجی روزانه بر حسب $[m^3 s^{-1}]$، T = تعداد درجه–روز $[C^{\circ} d]$، ΔT = گرادیان حرارتی هر ناحیه ارتفاعی، S = نسبت سطح پوشیده‌شده از برف به کل محدوده و P = بارش (برف یا باران) برحسب cm می‌باشد.

پارامترهای هیدرولوژیکی: C_S=ضریب رواناب برف، C_R= ضریب رواناب باران، a = عامل درجه-روز بر حسب $[cm^{\circ} c^{-1} d^{-1}]$، نشان دهنده عمق ذوب برف به ازای افزایش یک روز درجه- روز، K= ضریب رکورد یا تضعیف، یعنی تضعیف رواناب در یک دوره زمانی بدون محاسبه بارش یا ذوب برف ، L= زمان تمرکز و T_{CRIT}= دمای بحرانی می‌باشد (WinSRM,۲۰۰۷).

- فرایند اجرای مدل

برای شبیه‌سازی رواناب حاصل از ذوب برف با استفاده از مدل SRM برای فاصله زمانی ژانویه ۲۰۰۱ تا ژوئن ۲۰۰۱ (دی ۱۳۷۹ تا خرداد ۱۳۸۰) درحوضه آبریز بازفت، فاکتور S (سطح پوشش‌برف) با استفاده از تصاویر ۸ روزه سنجنده MODIS به دلیل قدرت تفکیک زمانی و طیفی مناسب این تصاویر با ترکیب باندهای ۴ و ۶ و کاربرد شاخص NDSI[۱] به همراه آستانه گذاریهای لازم با استفاده از نرم افزار Erdas استخراج و پس از انجام عملیات برونیابی، نقشه برف تهیه شده با مدل رقومی ارتفاعی ترکیب و منحنی تخلیه برف [SCDCs[۲]] برای دوره مورد نظر بدست آمد و درصد مساحت پوشش‌برف روزانه از منحنی تخلیه برف [SCDCs] که متغییر اساسی مدل بشمار می‌رود محاسبه شد در شکل شماره (۲) سلولهای برفدار در گذر ۲۰۰۱/۱/۲۰ در حوضه کارون که زیر حوضه بازفت بخشی از آن می باشد به عنوان نمونه ارائه شده‌است. مقادیر دما و بارش روزانه از داده‌های ثبت شده در ایستگاه مرغک بدست آمد و مقادیر دبی روزانه با استفاده از آمار دبی اندازه‌گیری شده در ایستگاههای هیدرومتری مرغک به مدل وارد شده است. همچنین در مورد پارامترهای ورودی به مدل، مقادیر ضریب رواناب برف [Cs]، باران [Cr]، افت محیطی دما و فاکتور درجه- روز[α] بصورت متوسط فصلی و دمای بحرانی و زمان تاخیر برای تمام حوضه در نظرگرفته شده و سطح مشارکت کننده در بارش

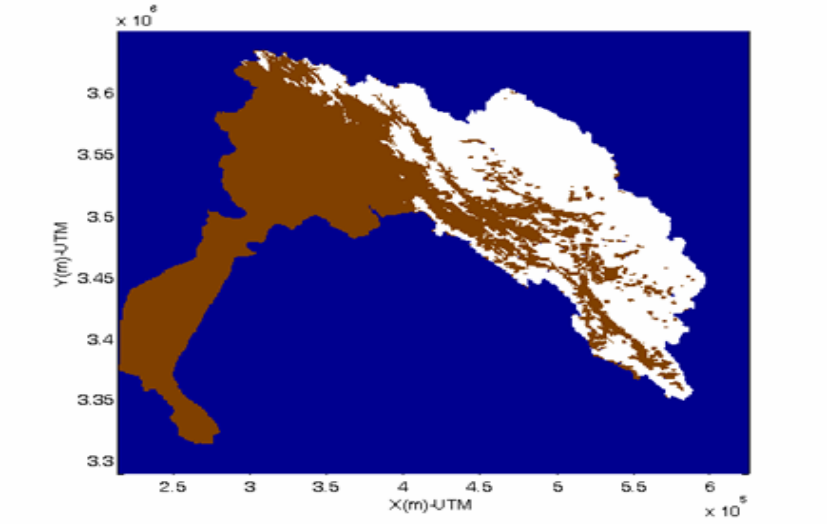
۱. Normalized-difference snow index($NDSI = (MODIS4 - MODIS6)/(MODIS4 + MODIS6)$

۲. Snow cover depletion curves

Archive of SID

www.SID.ir

[RCA[۱]] به صورت روزانه به مدل وارد شد. همچنین برای تعیین ضریب فروکش جریان از رابطه ارائه شده توسط مارتینک و رنگو بصورت $k_{n+1} = xQ_n^{-y}$ استفاده گردید. با بهره‌گیری از آمار روزانه ایستگاه مرغک از روی نمودار تجربی Q_{n+1} بر حسب Q_n بدست آمد و مقادیر X و Y به مدل وارد شد در نهایت پس از استخراج و آماده‌سازی متغییرها و پارامترهای فیزیکی حوضه، این اطلاعات به مدل وارد و فرآیند شبیه‌سازی رواناب حاصل از ذوب‌برف به صورت روزانه در نرم افزار SRM به منظور بررسی نقش پوشش برف در تغییرات دبی رودخانه در حوضه آبریز بازفت مورد بررسی قرارگرفت.



شکل (۲) سطح پوشش برف حوضه کارون بر اساس تصاویر MODIS در تاریخ ۲۰-۰۱-۲۰۰۱

- **ارزیابی دقت مدل SRM**

پارامترهای ارزیابی که توسط مدل جهت ارزیابی دقت جریان شبیه‌سازی شده مورد استفاده قرار می‌گیرد ضریب تبیین و تفاضل حجمی می‌باشد. که ضریب تبیین (R^2) از طریق فرمول شماره (۲) تعیین می‌گردد.

۳. Rainfall Contributing Area

www.SID.ir

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} (Q_i - Q_i')^2}{\sum_{i=1}^{n} (Q_i - \overline{Q})^2} \quad (۲)$$

که در آن R^2 : معیار سنجش مدل، Qi : خروجی روزانه اندازه گیری شده ، Q′i: خروجی روزانه محاسبه شده، $\overline{Q}$:متوسط خروجی اندازه گیری شده برای کل دوره و n : تعداد داده ها می باشد. همچنین معیار تفاضل حجمی که اختلاف بین رواناب مشاهداتی و شبیه‌سازی شده‌است نیز برای ارزیابی دقت مدل استفاده می‌شود که از طریق فرمول شماره (۳) محاسبه می‌گردد.

$$D_v[\%] = \frac{V_R - V_R'}{V_R} \times 100 \quad (۳)$$

که در آن V_R: حجم رواناب اندازه‌گیری شده سالانه و V_R': حجم رواناب محاسبه شده سالانه می‌باشد.

نتایج و بحث

- نتایج

فرآیند شبیه‌سازی جریان حاصل از ذوب برف در حوضه آبریز بازفت با محاسبه فاکتورها و پارامترهای مورد لزوم در دوره ژانویه ۲۰۰۱ تا ژوئن ۲۰۰۱ (دی ماه ۱۳۷۹ تا خردادماه ۱۳۸۰) انجام گرفته است. که نتیجه حاصل از این شبیه‌سازی به صورت گرافیکی در شکل شماره (۳) نشان داده شده است.

پارامترهای ارزیابی که توسط مدل جهت ارزیابی دقت جریان شبیه‌سازی مورد استفاده قرار گرفته است، ضریب تبیین و تفاضل حجمی می‌باشد. این مقادیر در دوره شبیه سازی به ترتیب ۸۲ و ۱۸/۹- درصد بدست آمده است. مقادیر فوق دقت نسبتاً بالای مدل را در برآورد رواناب حاصل از ذوب برف را برای حوضه مذکور نشان می‌دهد بطوریکه با توجه به نتایج حاصل از تفاضل حجمی بدست آمده و اشکال گرافیکی حاصل از هیدروگراف، دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در طی دوره مورد نظر در مجموع نتایج قابل قبولی را ارائه می‌نمایند.

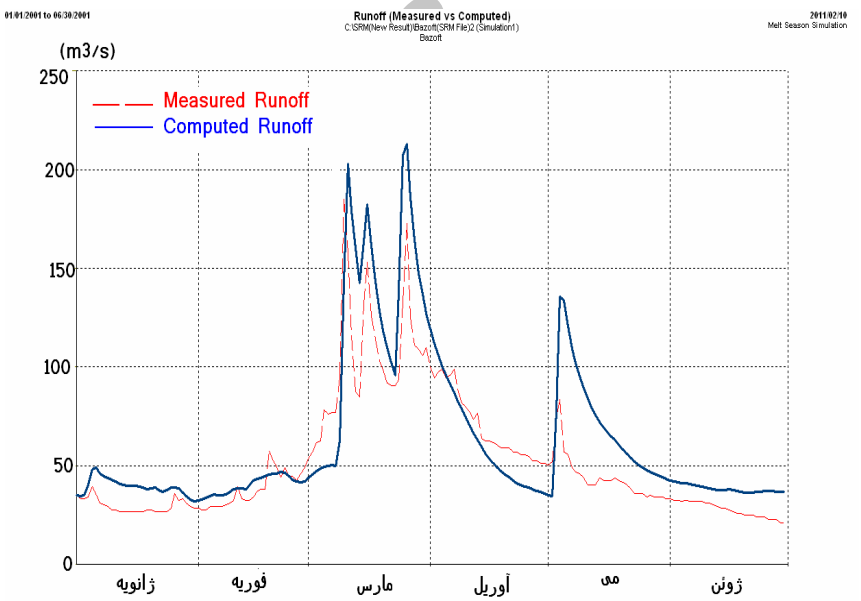
Archive of SID

www.SID.ir

با توجه به نتایج هیدروگراف شبیه‌سازی شده و مشاهداتی روزانه مشاهده می‌شود مقادیر اوج رواناب در ماه مارس (اسفند ماه) و اوایل ماه می (اواخر فروردین ماه) و بدنبال بارش باران بوقوع پیوسته است زیرا غالباً در ارتفاعات حوضه‌های برفگیر ذوب‌برف در اثر بارش باران بیشتر می‌شود و اوج رواناب در زمان بارش نسبتاً شدید باران بر روی حوضه رخ خواهد داد.

در این حوضه آبریز نیز بمانند اکثر زیر حوضه‌های کارون بزرگ دوره پر آبی رودخانه‌ها در بلندیهای حوضه همزمان با بارندگی و ذوب برف رخ داده است و معمولاً از نیمه دوم زمستان شروع وتا نیمه دوم بهار ادامه می‌یابد همانطور که تغییرات آبدهی فصلی در ایستگاههای آبسنجی مرغک بر روی رودخانه بازفت نشان می‌دهد به طور طبیعی این رودخانه بیشترین درصد جریان فصلی را در بهار با ۴۶ درصد جریان و جریان زمستانه در حدود ۲۹/۷ درصد از جریان سالانه می باشد.

همچنین بیشترین درصد آبدهی ماهانه به ترتیب در ماههای اسفند، اردیبهشت و فروردین از ۱۴ درصد تا ۲۰ درصد جریان پایه رودخانه در نوسان می باشد (جدول شماره ۱).



شکل شماره (۳) شبیه‌سازی جریان در دوره ژانویه تا ژوئن ۲۰۰۱ (دی ۱۳۷۹ تا خرداد ۱۳۸۰) در حوضه آبریز بازفت

www.SID.ir

جدول شماره (۱) درصدآبدهی متوسط ماهانه وفصلی نسبت به سالانه در ایستگاه مرغک برحسب مترمکعب بر ثانیه

رودخانه ایستگاه	زمان	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
بازفت (مرغک)	ماهانه	۲/۴۲	۳/۵۷	۶/۴۳	۶/۵۶	۸/۶۹	۱۴/۴۶	۲۰/۹۰	۱۶/۱۶	۹/۰۲	۵/۳۹	۳/۶۴	۲/۷۶
	فصلی	۱۲/۴۲				۲۹/۷۲			۴۶/۰۷			۱۱/۷۹	

- **تحلیل حساسیت پارامترهای مدل :** برای تحلیل حساسیت مدل به پارامترها، پارامترهای ضریب رواناب برف و باران، فاکتور درجه –روز و افت محیطی دما با۱۰+ و ۱۰- درصد افزایش و کاهش به مدل وارد شده است. مشخص گردید ضریب رواناب برف، فاکتور درجه –روز و افت محیطی دما بر ضریب تبیین و تفاضل حجمی موثرند. ولیکن افت محیطی دما نسبت به دو مولفه دیگر از حساسیت کمتری برخودار است. ضریب فروکش، دمای بحرانی و ضریب رواناب باران بر ضریب تبین چندان تأثیر گذار نیستند. بنابراین مدل در فصل ذوب نسبت به پارامترهای ضریب رواناب برف، فاکتور درجه –روز و افت محیطی دما حساس است.

نتیجه گیری

۱- شبیه‌سازی روانآب حاصل از ذوب برف در حوضه آبریز بازفت نشان می‌دهد این مدل قادر به مشخص کردن و تخمین روانآب روزانه در حوضه مذکور می باشد و همبستگی بین دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی روزانه در فاصله ژانویه ۲۰۰۱ تا ژوئن ۲۰۰۱ (دی ماه ۱۳۷۹ تا خردادماه ۱۳۸۰) مؤید این مطلب است. اما برای حصول نتایج دقیقتر لازم‌است که عملیات واسنجی بصورت دراز مدت انجام پذیرد.

۲-استفاده از سطح پوشش برف که از تصاویر ماهواره‌ای MODIS بدست آمده است نتایج قابل قبولی را در شبیه سازی جریان حاصل از ذوب برف با استفاده از مدل SRM درحوضه آبریز بازفت به همراه داشته است.

۳-مدل SRM یک مدل درجه – روز می‌باشد و به این فاکتور حساس است. فاکتور درجه – روز به تراکم برف وابسته است بنابراین برای تخمین دقیق این فاکتور، در اختیار داشتن اطلاعات نسبتاً دقیقی از تراکم برفی منطقه ضروری به نظر می رسد.

Archive of SID

www.SID.ir

۴-بدلیل حساسیت مدل SRM به نرخ کاهش دما با ارتفاع، محاسبه دقیق آن در ارتقاء دقت شبیه سازی صورت گرفته بوسیله مدل مؤثر خواهد بود.

۵-ضریب فروکش جریان مؤثرین پارامتر مدل در هم آهنگی بین رواناب شبیه سازی و مشاهداتی است و لازم است تا بدقت مورد واسنجی قرار گیرد.

۶- با استفاده از نتایج بدست آمده، این مدل امکان بررسی سهم پوشش برف فصلی[برف جدید]، پوشش برف دائم [برف اولیه] و بارندگی [باران] را در رواناب حوضه آبریز بازفت میسر می سازد.

منابع و ماخذ

۱. بیرودیان، نادر و نادر جندقی (۱۳۸۴) **برآورد رواناب ذوب برف به وسیله مدل SRM و مقایسه نتایج آن با اطلاعات آبنمود رودخانه در آبخیز زیارت** ، علوم کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۶ ،سال دوازدهم، صص.

۲. پرهمت، جهانگیر.، بهرام ثقفیان و حسین صدقی (۱۳۸۴) **بررسی کاربرد مدل SRM در شبیه سازی رواناب حاصل از ذوب برف با استفاده از داده های ماهواره ای در حوضه‌های بدون آمار برف (مطالعه موردی حوزه خرسان در کارون، تحقیقات منابع آب ایران** ، شماره ۱ ، سال اول.

۳. حسینی، مجید. و جهانگیر پرهمت(۱۳۸۶) **ارزیابی مدل ذوب‌برف (SRM) در حوضه آبخیز طالقان. چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران- مدیریت حوضه های آبخیز** ۱۳۸۶.

۴. قاسمی، الهه.، علیجانی، بهلول و ابراهیم فتاحی (۱۳۸۹) **شبیه سازی رواناب حاصل از ذوب برف با استفاده از مدل SRM ، مطالعه موردی حوضه آبریز بختیاری**. همایش برف و یخ شهرکرد ۱۳۸۹.

۵. میریعقوب‌زاده، میرحسن (۱۳۸۶) **شبیه سازی رواناب حاصل از ذوب برف**، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران.

Archive of SID

www.SID.ir

۶. نجفی، احمد.، جمال قدوسی، بهرام ثقفیان و جهانگیر پرهمت (۱۳۸۶) **برآورد رواناب ذوب‌برف با استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در حوضه شهرچایی ارومیه**. پژوهش و سازندگی، شماره ۷۶ ، سال بیستم.

۷. نجفی، محمدرضا.، جواد شیخی‌وند و جهانگیر پرهمت (۱۳۸۳) **برآورد رواناب حاصل از ذوب‌برف در حوضه‌های برف‌گیر با استفاده از مدل SRM مطالعه موردی حوضه سد مهاباد**، علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ، شماره ۳ ، سال یازدهم.

Emre, A., Akyu, Z., Ormanc, A.S., Ensoyc, A.S. and Orman, A.U., (۲۰۰۵). ***Using MODIS snow cover maps in modeling snowmelt runoff process in the eastern part of Turkey.*** Remote Sensing of Environment, ۹۷, ۲۱۶ – ۲۳۰

Georgievsky, M .V, (۲۰۰۹). ***Application of the Snowmelt Runoff modelin the Kuban river basin using MODIS satellite images.*** Environmental Research Letters, ٤, ٤, ۱-٥.

Harshburger, B.J., Karen,S. H. ,Von, P.W., Brandon, C. M., Troy, R. B. and Rango,A., (۲۰۱۰). ***Evaluation of Short-to-Medium Range Streamflow Forecasts Obtained Using an Enhanced Version of SRM.*** Journal of the American Water Resources Association (JAWRA) ۰۰(۰):۱-۱٥. DOI: ۱۰,۱۱۱۱/j.۱۷٥۲-۱٦۸۸.

Hong, M.A. and Guodong۱, C., (۲۰۰۳). ***A test of Snowmelt Runoff Model (SRM) for the Gongnaisi River basin in the western Tianshan Mountains, China.*** Chinese Science Bulletin, ٤۸, ۲۲٥۳-۲۲٥۹.

Jian ,W. and Shuo ,L. ,(۲۰۰٥). ***Effect of climatic change on snowmelt runoffs in mountainous regions of inland rivers in Northwestern China***. Earth Sciences, ۸۸۱-۸۸۸.

Leavesley, G.H., Lichty, R.W., Troutman, B.M., and Saindon, L.G.,(۱۹۸۳). ***Precipitation-Runoff Modeling System: User's Manual: U.S.*** Geological Survey Water-Resources Investigations Report, ۸۳, ۱- ۲۰۷.

Archive of SID

www.SID.ir

Malcher,P and Heidinger, M.,(۲۰۰٤). ***Processing and data Assimilation Scheme for Satellite Snow Cover Products in the Hydrological Model*** .Envisnow, ۰۰۰۵۲, ۱-٤۰.

Martinec , J., (۱۹۷۵). ***Snowmelt Runoff Model for Streamflow Forecasts.*** Nordic Hydrology. ٦, ۱٤۵–۱۵٤.

Martinec, J. and Rango, A., (۱۹۸٦). ***Parameter values for snowmelt runoff modelling.*** Journal of Hydrology, ۸٤،۱۹۷-۲۱۹.

Quick, M.C., (۱۹۹۵). ***The UBC watershed model. In: Singh, V.J. (Ed.). Computer Models of Watershed Hydrology.*** Water Resources Publications, Colorado, ۲۳۳–۲۸۰.

Seidel, K., and Martinec, *J. (۲۰۰٤).* ***Remote sensing in snow hydrology: Runoff modeling, effect of climate change.*** Springer.

WinSRM, *(۲۰۰۱)* ***.Snowmelt Runoff Model (SRM) user's manual .***۱-۱۷۲.

Archive of SID

www.SID.ir