

ارزیابی عملکرد مدل SRM تحت تأثیر ماه‌های مختلف ذوب برف (مطالعه‌ی موردی: حوزه دوآب صمصامی)

مرضیه خرم^۱ و محمدرضا شریفی^{۲*}

چکیده

استفاده از مدل‌های تخمین رواناب در حوضه‌های برفی، نیازمند شناخت تأثیر عوامل مؤثر بر رواناب ذوب است. دما، یکی از عوامل مزبور است. برای بررسی تأثیر دما بر عملکرد مدل SRM، در زیرحوضه‌ی صمصامی به مساحت ۲۶۶ کیلومتر مربع، اقدام به ارزیابی عملکرد مدل SRM، در ماه‌های مختلف فصل ذوب سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ با استفاده از محصول ماکزیمم پوشش برف هشت روزه (MOD10A2) و شاخص کارایی EI و نسبت اختلاف حجمی D_v ، محاسبه شد. نتایج نشان داد که مدل، طی هر یک از ماه‌های فصل ذوب شامل فوریه، مارس، آوریل و مه، با دامنه‌ی اختلاف دمای حدوداً ۱۵ درجه سانتی‌گراد، عملکرد متفاوتی دارد؛ به گونه‌ای که تفسیر نتایج شبیه‌سازی، منوط به بررسی تغییرات دمایی در طبقات مختلف ارتفاعی است. علاوه بر اینکه استفاده از مدل، در ماه مه، دارای اختلاف حجمی ۴۰ درصد و شاخص کارایی منهای ۰/۵۵ به‌دست آمد. این نتایج در حالی به‌دست آمد که در ماه مارس، با میانگین دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، اختلاف حجمی ۳/۵ درصد و شاخص کارایی ۰/۸۱ به‌دست آمد. از این‌رو، عملکرد مدل SRM با افزایش دما، تقلیل می‌یابد. استفاده از مدل در ماه‌های با میانگین دمای بالاتر و انتهای فصل ذوب، دارای خطای قابل ملاحظه‌ای در نتایج شبیه‌سازی است.

واژه‌های کلیدی: درجه-روز، ذوب برف، شبیه‌ساز رواناب برف، صمصامی.

ارجاع: خرم م. و شریفی م. ر. ۱۳۹۹ ارزیابی عملکرد مدل SRM تحت تأثیر ماه‌های مختلف ذوب برف (مطالعه‌ی موردی: حوزه دوآب صمصامی). مجله پژوهش آب ایران. ۳۶: ۴۴-۴۹.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه هیدرولوژی و منابع آب، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
۲- استادیار گروه هیدرولوژی و منابع آب، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

* نویسنده مسئول: sharifi3010@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۵

شبیه‌سازی کردند و به این نتیجه رسیدند که مدل SRM قادر به مشخص کردن و تخمین رواناب روزانه در حوضه‌ی مطالعاتی است. هارشرگر و همکاران (۲۰۱۰)، با استفاده از مدل SRM، به بررسی جریان‌های کوتاه‌مدت تا متوسط ۱ تا ۱۵ روزه پرداختند و برای بهینه‌سازی عملکرد مدل SRM و کمک به اجرای آن از حداکثر و حداقل درجه‌حرارت بحرانی استفاده کردند. مقایسه‌ی این شبیه‌سازی، حاکی از بهبود قابل توجهی در عملکرد مدل بود.

با توجه به اهمیت دما در ذوب برف و نقش اساسی آن در عملکرد نتایج حاصل از مدل SRM، از یکسو و تغییرات میانگین ماهانه دما و تأثیر آن در دقت نتایج مدل SRM (گراتن و ریچرک، ۲۰۰۱)، به نظر می‌رسد، به دلیل تفاوت در دامنه تغییرات دما در ماه‌های مختلف فصل ذوب برف، دقت عملکرد شبیه‌ساز SRM، در ماه‌های مزبور، متفاوت باشد؛ زیرا بررسی‌ها نشان می‌دهد که استفاده از مدل SRM در طول فصل انباشت برف، در مقایسه با فصل ذوب برف، نتایج متفاوتی دارد (ریچارد و گراتن، ۲۰۰۱). همچنین در پژوهش دیگری، عملکرد مدل SRM در شبیه‌سازی رواناب حاصل از ذوب برف، در فصل برفی مورد ارزیابی قرار گرفته است. از این‌رو، برای هر چه بهتر شدن دقت نتایج کاربردی مدل SRM، و ضرورت بررسی حساسیت مدل مزبور، نسبت به تغییرات دمایی، در تحقیق حاضر، عملکرد مدل SRM در حوضه برفی صمصامی، از زیرحوضه‌های کارون شمالی، در ماه‌های مختلف ذوب برف در محدوده‌ی مورد مطالعه، بررسی شد.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مطالعاتی

حوضه‌ی دواب صمصامی با مساحتی بالغ بر ۲۶۶ کیلومتر مربع در حد فاصل طول ۵۰ درجه، ۱۰ دقیقه و ۲/۲ ثانیه تا ۵۰ درجه، ۲۶ دقیقه و ۱۷/۶ ثانیه شرقی و عرض ۳۲ درجه، ۵ دقیقه و ۱۶/۵ ثانیه تا ۳۲ درجه، ۱۵ دقیقه و ۱ ثانیه شمالی واقع شده است. این حوضه، یکی از زیرحوضه‌های کارون شمالی در استان چهارمحال و بختیاری با میانگین بارندگی سالیانه ۱۱۷۵ میلی‌متر است. ۶۱ درصد بارندگی مزبور، برف و ۳۹ درصد آن باران است. به دلیل ریزش قابل توجهی از برف در سطح این حوضه، چشمه‌های کوچک و بزرگ دائمی و فصلی زیادی در آن

رواناب ناشی از ذوب برف، در حوضه‌های برفی، عاملی مهم در تغییرات رژیم جریان به شمار می‌آید. به دلیل پیچیدگی‌های عملکرد برخی از ویژگی‌های برفی شامل عمق، چگالی، تأخیر زمانی بین دوران انباشت برف و ذوب آن، بر رواناب حاصل از ذوب برف، به کارگیری مدل‌های بارش-رواناب در مناطق برفی، از ویژگی‌های خاصی برخوردار هستند؛ به طوری که استفاده‌ی دقیق از مدل‌های مزبور، نیازمند شناخت کمی و کیفی تأثیر عوامل مؤثر بر ذوب و رواناب حاصل از آن است. از جمله‌ی این عوامل، درجه حرارت یا دماست. یامازاکی و کندو (۱۹۹۲)، ذوب برف را با روش بیلان انرژی بررسی کردند و تأثیر کمی دمای هوا بر ذوب برف را نشان دادند. همچنین، نیل و فیتزهاریس (۱۹۹۷)، با محاسبه‌ی ذوب برف به روش بیلان انرژی، نشان دادند که گرمای تابشی سهم عمده‌ای بر ذوب برف دارد. دما علاوه بر اهمیتش به عنوان یک عامل مؤثر بر ذوب برف، در برخی از رویکردهای محاسبه‌ی ذوب برف، نقش کلیدی را ایفا می‌کند. برای نمونه در رویکرد درجه-روز به عنوان یکی از رویکردهای توسعه‌یافته برای تعیین میزان ذوب (رانگو و مارتینک، ۱۹۹۵)، عامل دما، علاوه بر نقش عاملیت، به دلیل تأثیر بر مقدار ضریب ذوب برف^۱ و بیان ویژگی‌های برف انباشته، نقش کلیدی را نیز در روش درجه-روز دارد (هوک، ۲۰۰۳؛ دبل و همکاران، ۲۰۱۰). به عبارت دیگر، تغییرات دمایی، در رویکرد درجه-روز، به طور مستقیم در رابطه‌ی تعیین آب به دست آمده از ذوب برف، دخالت می‌کند.

از سویی دیگر، توسعه‌ی هر یک از مدل‌های برآورد رواناب حاصل از ذوب برف، مبتنی بر یکی از رویکردهای تعیین ذوب برف، شامل بیلان انرژی^۲، درجه-روز Degree - Day و تابش-دما، است؛ به این معنی که شبیه‌سازهای ذوب برف، هر یک با توسل به یکی از رویکردهای مزبور، اقدام به برآورد ذوب می‌کنند. به عنوان نمونه، مدل SRM به عنوان یکی از مدل‌های رایج در تعیین رواناب حاصل از ذوب برف، مبتنی بر رویکرد درجه-روز، توسعه‌یافته است. دار و رامشو (۲۰۱۲)، با کمک مدل SRM، به تعیین آب معادل ذوب برف پرداختند. فتاحی و همکاران (۱۳۹۰)، رواناب حاصل از ذوب برف را با استفاده از مدل SRM

1- Snowmelt index
2- Energy balance

حوضه مطالعاتی دارای ایستگاه هواشناسی دوآب صمصامی و ایستگاه هیدرومتری صفاآباد واقع در نقطه‌ی خروجی حوضه است. حوضه ایستگاه برف‌سنجی ندارد؛ به همین دلیل از آمار ایستگاه سینوپتیک کوه‌رنگ، نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک به حوضه‌ی دوآب صمصامی، کمک گرفته شد. موقعیت حوضه در شکل ۱ آورده شده است.

جاری است. از مهم‌ترین آن‌ها، چشمه دزداران و چشمه کوفی را می‌توان نام برد. این چشمه‌ها از آبدهی نسبتاً زیادی برخوردارند و منشأ تشکیل دو رودخانه به این دو نام شده‌اند. از به هم پیوستن این دو رودخانه در موقعیت جغرافیایی ۵۰ درجه، ۱۷ دقیقه و ۱۵ ثانیه طول شرقی و ۳۲ درجه، ۱۰ دقیقه و ۱۴.۱ ثانیه عرض شمالی در مجاورت روستای صمصامی در تراز ارتفاعی ۱۹۹۳ متر از سطح دریا، رودخانه دو آب صمصامی تشکیل می‌شود.



شکل ۱- موقعیت حوضه دوآب صمصامی و ایستگاه‌های هیدرومتری و هواشناسی و رودخانه دوآب صمصامی در نقشه ایران

که به ترتیب توسط معادلات (۲) و (۳) ارائه می‌شوند، استفاده شده است (قربانی‌زاده خرازی و پرهمت، ۱۳۸۹).

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

Q_i ، دبی اندازه‌گیری‌شده‌ی روزانه؛ \bar{Q} ، دبی محاسبه‌شده‌ی روزانه؛ \bar{Q} ، متوسط دبی اندازه‌گیری‌شده در سال مورد نظر یا فصل ذوب و n تعداد روزهای دارای اندازه‌گیری است. شاخص کارایی تطابق بین مقادیر شبیه‌سازی‌شده و مقادیر واقعی یک پارامتر داده‌شده را به عنوان نسبت کل دامنه این پارامتر در داده‌ها اندازه‌گیری می‌کند. هر قدر مقدار EI بالاتر باشد، عملکرد مدل بهتر است (نش و ساتکلیف، ۱۹۷۰). درصد اختلاف حجمی از معادله‌ی (۳) به‌دست می‌آید:

$$D_v [\%] = \frac{V_R - V'_R}{V_R} * 100 \quad (3)$$

که در آن: V_R ، حجم سالانه رواناب اندازه‌گیری‌شده؛ V'_R ، حجم سالانه یا فصلی رواناب محاسبه شده است.

مدل SRM

مدل شبیه‌سازی رواناب ذوب برف تحت ویندوز WinSRM ویرایشی از مدل SRM است. در مدل SRM رواناب حاصل از ذوب برف و باران، از معادله‌ی (۱) محاسبه می‌شود:

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

که در آن: Q ، متوسط دبی روزانه به متر مکعب بر ثانیه؛ C_s ، ضریب رواناب برف؛ C_R ، ضریب رواناب باران؛ a ، ضریب ذوب برف [$cm \cdot d^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$]; T ، تعداد درجه-روز [$^\circ C \cdot d$]; ΔT ، تعدیل درجه حرارت [$^\circ C \cdot d$]; S ، نسبت سطح پوشش برف به مساحت حوضه؛ P ، باران [cm]; A ، مساحت حوضه [km^2]; و k ، ضریب فروکش است.

ارزیابی مدل

برای ارزیابی نتایج SRM، از دو معیار شاخص کارایی Efficiency Index و تفاضل حجمی Volume Difference

اطلاعات ورودی مدل SRM

هیپسومتری حوضه

با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۱۰.۱ و مدل ارتفاعی رقومی تهیه‌شده، مرز حوضه با توجه به نقطه‌ی خروجی حوضه در ایستگاه هیدرومتری صفاآباد و نیز توزیع ارتفاعی، تحت عنوان هیپسومتری حوضه تعیین می‌شود.

متغیرهای مدل SRM

سطح پوشش برف

مدل SRM، تغییرات پوشش برف را به‌صورت منحنی‌های فروکش پوشش برف که نمایانگر تغییرات درصد پوشش برف در منطقه در برابر زمان است، دریافت می‌کند. استخراج پوشش برف حوضه دواب صمصامی تا ایستگاه هیدرومتری صفاآباد، از محصول ماکزیمم پوشش برف هشت روزه (MOD10A2) به‌دست آمد. سپس با استفاده از نرم‌افزار ENVI پردازش شد و در نرم‌افزار ArcGIS با مدل رقومی، ترکیب و منحنی‌های سطح پوشش برف تهیه شد. تعیین فصل ذوب برف با کمک منحنی‌های سطح پوشش برف انجام شد. برای تعیین آغاز فصل ذوب برف، تغییرات سطح پوشش برفی بین سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۶ در حوزه دواب صمصامی مورد بررسی قرار گرفت. نیمه‌ی اول ماه فوریه منحنی شروع به فروکش کرد و تا اواخر ماه مه برف به اتمام می‌رسد. از این‌رو شبیه‌سازی رواناب حاصل از ذوب برف برای فاصله زمانی فوریه تا سپتامبر ۲۰۱۵ برای واسنجی ضرایب حوضه‌ی دواب صمصامی صورت گرفت.

درجه‌ی حرارت

درجه‌ی حرارت در مدل SRM به‌صورت متوسط روزانه متناظر با ارتفاع متوسط نواحی ارتفاعی مورد نیاز است (مارتینک و همکاران، ۱۹۹۸). از این‌رو، میانگین روزانه‌ی دما در ایستگاه هواشناسی دواب صمصامی به وسیله‌ی گرادیان دما به متوسط ارتفاع هیپسومتری هر طبقه منتقل شد و مقدار دما با استفاده از معادله‌ی (۴) در هر یک از طبقات A، B، C، D و E به‌دست آمد.

$$\Delta T = \gamma \cdot (h_{st} - \bar{h}) \cdot \frac{1}{100} \quad (4)$$

γ ، افت‌هنگ درجه‌ی حرارت (درجه سانتی‌گراد در هر ۱۰۰ متر)؛ h_{st} ، ارتفاع ایستگاه هواشناسی مبنا (متر)

بارش

در این تحقیق با استناد به راهنمای مدل SRM، بارش روزانه ایستگاه هواشناسی دواب صمصامی با گرادیان ۴ درصد به ازای هر ۱۰۰ متر ارتفاع، به طبقات ارتفاعی منتقل و وارد مدل شد.

دبی

مدل SRM به‌منظور تعیین مقدار دبی اولیه برای شبیه‌سازی جریان روزانه، تعیین ضریب فروکش و همچنین واسنجی پارامترهای مدل و ارزیابی عملکرد مدل، به اطلاعات دبی روزانه در محل خروجی حوضه مورد نظر، نیاز دارد. در این مطالعه از داده‌های اندازه‌گیری‌شده‌ی سطح آب روزانه ایستگاه هیدرومتری صفاآباد در خروجی حوضه طی سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ و تبدیل آنها به دبی، برای واسنجی و صحت‌سنجی استفاده شد.

پارامترهای مدل SRM

ضریب رواناب (C)

ضریب رواناب برف C_s و باران C_r حوضه با استفاده از مقادیر تجربی به‌دست‌آمده توسط مارتینک و رانگو (۱۹۸۶)، به ازای ماه‌های مختلف، به‌عنوان تخمین اولیه و سپس با کمک سعی و خطا در مرحله واسنجی، تعیین شدند

ضریب ذوب برف

ضریب ذوب برف، ارتفاع معادل ذوب ناشی از یک درجه-روز است و به شکل معادله‌ی (۵) بیان می‌شود:

$$M = a \cdot T \quad (5)$$

که در آن: M ، ارتفاع ذوب برف روزانه (cm)؛ a ، ضریب درجه-روز $(cm \cdot ^\circ C^{-1} \cdot d^{-1})$ ؛ و T ، تعداد درجه-روز $(^\circ C \cdot d)$ است. مارتینک (۱۹۶۰) معادله‌ی (۶) را برای تغییر ضریب ذوب برف در اثر تغییرات فصلی چگالی برف پشته ارائه کرد:

$$a = 1.1 \frac{\rho_s}{\rho_w} \quad (6)$$

که در آن ρ_s ، چگالی برف پشته $(kg \cdot m^{-3})$ ؛ و ρ_w ، چگالی آب مایع $(kg \cdot m^{-3})$ است. چگالی برف بر اساس نتایج شریفی (۱۳۸۶)، ۰/۴۶۵ در نظر گرفته شد. از این‌رو، فاکتور درجه-روز با توجه به فرمول تجربی (۶)، ۰/۵۱

محاسبه شد. سپس از نتایج مارتینک و رانگو (۱۹۸۶)، درباره تغییرات ماهانه ضریب ذوب برف استفاده شد.

واسنجی مدل SRM

شکل ۲، با شاخص کارایی ۰/۸۲ و اختلاف حجمی ۱۳/۵ درصد (جدول ۲)، نتایج واسنجی شبیه‌سازی جریان را در دوره‌ی فصل ذوب برف در سال آبی ۲۰۱۵ نمایش داده است.

همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، از ۲۹ بهمن تا ۸ اسفند، شروع فصل ذوب، در رواناب شبیه‌سازی‌شده، افت مشاهده می‌شود. این در حالی است که در بازه‌ی مزبور در همان شکل، افزایش دبی مشاهده‌ای و در شکل شماره ۳ الف و ب، بارش و افزایش دما قابل مشاهده است. علت اختلاف مزبور، اثر تأخیری جریان خروجی ناشی از رسیده‌شدن برف است. از ۲۷ فوریه به بعد، ادامه وقوع بارش و افزایش درجه‌حرارت، سبب افزایش جریان شبیه‌سازی‌شده است؛ ولی همان‌طور که ملاحظه می‌شود، از جریان اندازه‌گیری‌شده، مجدداً کمتر است. وجود چشمه‌های متعدد و جریان‌های زیرزمینی درون حوضه، سبب به‌وجودآمدن اختلاف حجمی است. این در حالی است که دبی‌های پیک در مقادیر شبیه‌سازی‌شده، و همچنین نوسانات دبی، به خوبی نمایش داده شده است. از این‌رو، با اتکا به نتایج بارش و دما، قابلیت شبیه‌سازی رواناب حاصل از ذوب توسط مدل SRM قابل ملاحظه است.

صحت‌سنجی مدل SRM

شکل ۴، نتایج صحت‌سنجی مدل SRM را در فصل ذوب برف (از ابتدای فوریه تا انتهای سپتامبر سال آبی ۲۰۱۶) با شاخص کارایی ۰/۸۲ و درصد اختلاف حجمی ۲۷/۱ نشان می‌دهد.

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، اختلاف بین مقادیر مشاهده‌ای و شبیه‌سازی‌شده، در طول فصل ذوب یکسان نیست؛ به طوری که در برخی ماه‌ها بیشتر و در برخی از ماه‌ها کمتر است. با توجه به این نکته، می‌توان گفت عملکرد مدل در ماه‌های مختلف ذوب شامل فوریه، مارس، آوریل و مه، متفاوت است. از این‌رو، در هر یک از ماه‌های مزبور مدل اجرا شد. جدول ۱، مقادیر شاخص‌های کارایی و اختلاف حجمی به‌دست‌آمده از مقایسه مقادیر مشاهده‌ای و شبیه‌سازی‌شده را به ازای هر یک از ماه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد.

افتاهنگ درجه‌حرارت (۴)

از گرادیان درجه حرارت برای انتقال درجه حرارت از ایستگاه مبنا به هر یک از طبقات ارتفاعی استفاده شد (مارتینک و همکاران، ۲۰۰۸). مقدار گرادیان ۰/۶۵ درجه سانتی‌گراد به ازای هر ۱۰۰ متر ارتفاع، در نظر گرفته شد.

درجه حرارت بحرانی (T_{CRIT})

درجه حرارت بحرانی برای تفکیک باران از برف به‌کار می‌رود. اگر $T_{CRIT} > T$ بارش به‌صورت باران و اگر $T_{CRIT} < T$ به‌صورت برف است. در تحقیق حاضر، درجه حرارت بحرانی ۲/۳ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد.

ضریب فروکش (k)

با استفاده از روش ترسیم مقادیر دبی روز در مقابل مقادیر دبی روز قبل، در مواقع فروکشی جریان، در مختصات دو لگاریتمی، مقدار k با استفاده از رابطه‌ی $k = \frac{Q_{n+1}}{Q_n}$ محاسبه می‌شود. در تحقیق حاضر، دبی روزانه ایستگاه هیدرومتری صفاآباد هر روز در برابر دبی روز بعد، از اول ماه ژوئن تا آخر ماه سپتامبر، در دو سال آبی ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶، به‌صورت متوالی در مختصات لگاریتمی رسم شد. سپس با مشخص‌شدن منحنی پوش، مقادیر x و y در معادله‌ی (۷)، تعیین و ضریب فروکشی، محاسبه شد:

$$K_{n+1} = x(Q_n)^{-y} \quad (7)$$

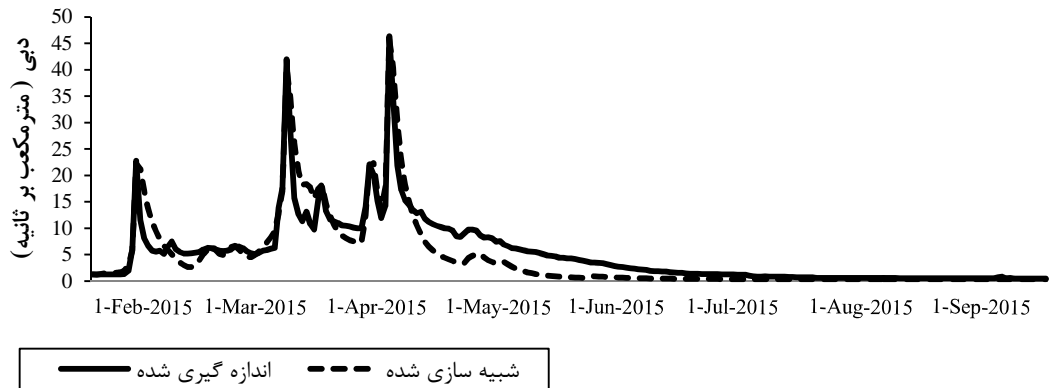
زمان تأخیر L

زمان تأخیر با عقب‌نشینی خط برف افزایش پیدا می‌کند. زمان تأخیر با توجه به وسعت کم حوضه دوآب صمصامی، ۶ ساعت در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

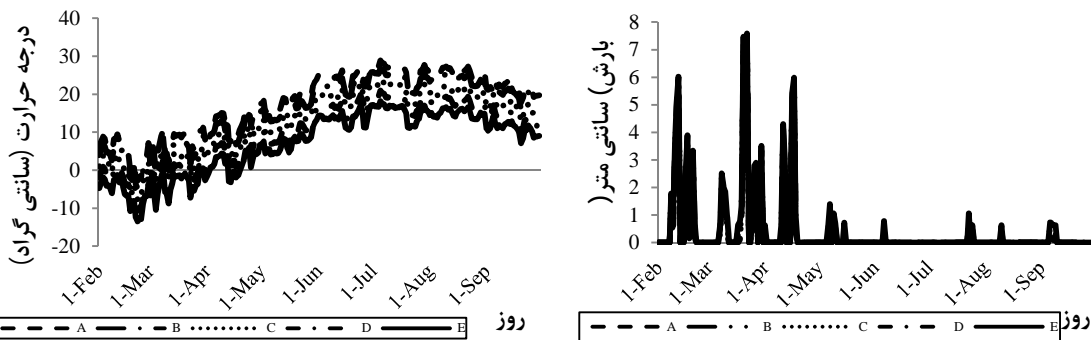
هیپسومتری

بر اساس نتایج هیپسومتری، کمترین و بیشترین ارتفاع حوضه به‌ترتیب، ۱۸۱۱ متر و ۳۸۷۵ متر است. حوضه با توجه به دامنه ارتفاعی زیاد و بنا به راهنمای مدل SRM به ۵ منطقه ارتفاعی با بازه‌های ارتفاعی ۵۰۰ متر تقسیم شد.



روز

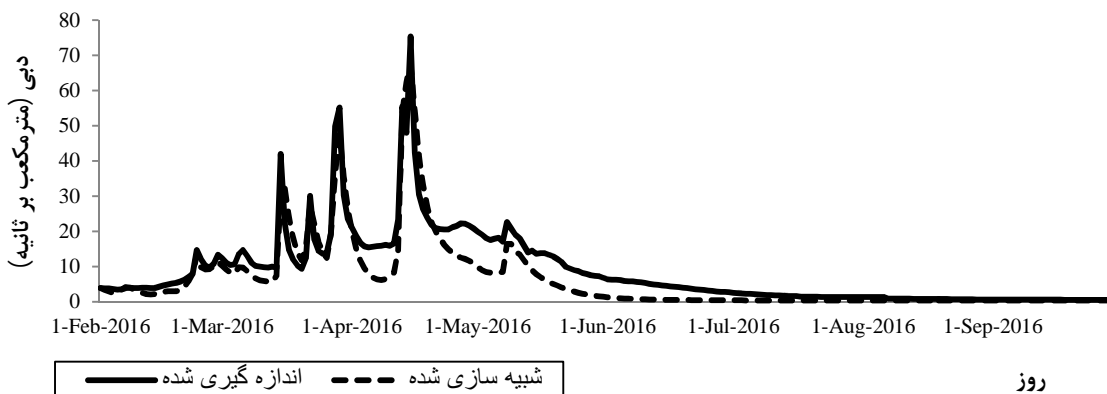
شکل ۲- مقایسه دبی اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده در دوره‌ی واسنجی (از ابتدای ماه فوریه تا انتهای ماه سپتامبر)



روز

روز

شکل ۳- (الف) بارش روزانه (ب) میانگین درجه‌حرارت روزانه در طبقات ارتفاعی A, B, C, D و E در فصل ذوب برف ایستگاه دواب صمصامی، سال آبی ۲۰۱۵



روز

شکل ۴- مقایسه دبی اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده در دوره صحت‌سنجی (از ابتدای فوریه تا انتهای سپتامبر سال آبی ۲۰۱۶)

جدول ۱- مقایسه‌ی ملاک‌های آماری شبیه‌سازی هر یک از ماه‌های فوریه، مارس، آوریل، مه

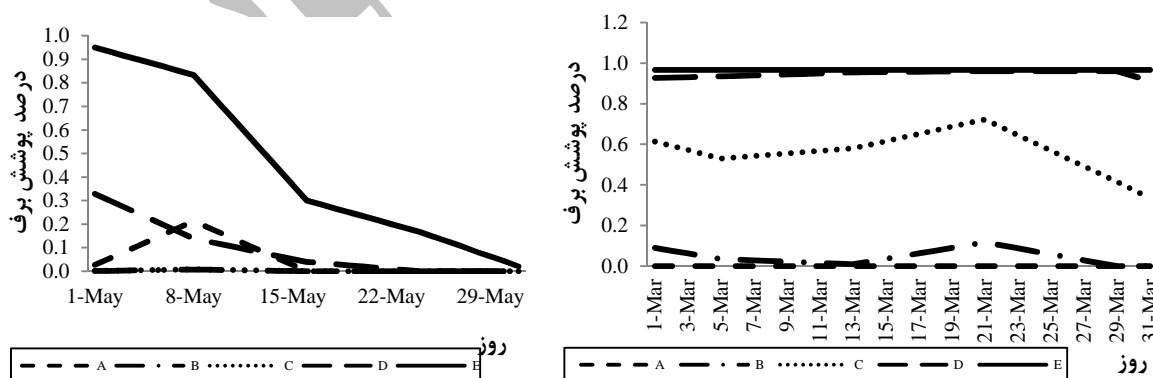
پارامتر	نوریه	مارس	آوریل	مه
حجم رواناب اندازه‌گیری شده (میلیون متر مکعب)	۱۵/۲	۴۷/۲	۶۴/۱	۳۶/۸
حجم رواناب شبیه‌سازی شده (میلیون متر مکعب)	۱۲/۶	۴۵/۵	۵۵/۲	۲۲
دبی متوسط اندازه‌گیری شده (متر مکعب بر ثانیه)	۶/۱	۱۷/۶	۲۴/۷	۱۳/۷
دبی متوسط شبیه‌سازی شده (متر مکعب بر ثانیه)	۵	۱۷	۲۱/۳	۸/۲
اختلاف حجمی (درصد)	۱۷/۱	۲/۵	۱۴	۴۰
شاخص کارایی	۰/۸۳	۰/۸۱	۰/۶۶	-۰/۵۵

کامل برف در ارتفاعات بالا، و همچنین جاری شدن چشمه‌ها و عدم قابلیت مدل در شبیه‌سازی جریان چشمه‌ها، مقادیر شبیه‌سازی، کمتر از مشاهده‌ای ملاحظه شد. از این‌رو، اثر افزایش دما در عملکرد مدل SRM تأیید می‌شود. شکل ۷ (الف)، میانگین دمای ماهانه چهار ماه مورد مطالعه را در قالب نموداری نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، اختلاف بین آخرین ماه ذوب (مه) و اولین ماه آن، حدوداً ۱۵ درجه سانتی‌گراد است. اختلاف مزبور در ماه‌های مزبور، با تأثیری که بر توده‌ی برف انباشته می‌گذارد، سبب رسیده‌شدن برف می‌شود. از طرفی، رسیده‌شدن برف، موجب تأخیر در رواناب حاصل از ذوب و در نتیجه اختلاف بین دبی مشاهده‌ای و شبیه‌سازی‌شده می‌شود و از طرفی، چون پدیده‌ی رسیدگی توده‌ی برف مستقیماً با دما در ارتباط است، از این‌رو، می‌توان گفت عملکرد مدل SRM با افزایش دما، متناسب با سپری‌شدن فصل ذوب، تقلیل می‌یابد. این نکته را می‌توان در شکل ۷ (ب) مشاهده کرد. بدین ترتیب که در امتداد ماه‌های ذوب، شاخص اختلاف حجمی، به‌عنوان یکی از ملاک‌های مهم ارزیابی مدل SRM، افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است بیشتر بودن مقادیر دبی مشاهده‌ای، در مقایسه با رواناب شبیه‌سازی‌شده، به علت وجود چشمه‌های فراوانی است که در محدوده‌ی مورد مطالعه وجود دارند.

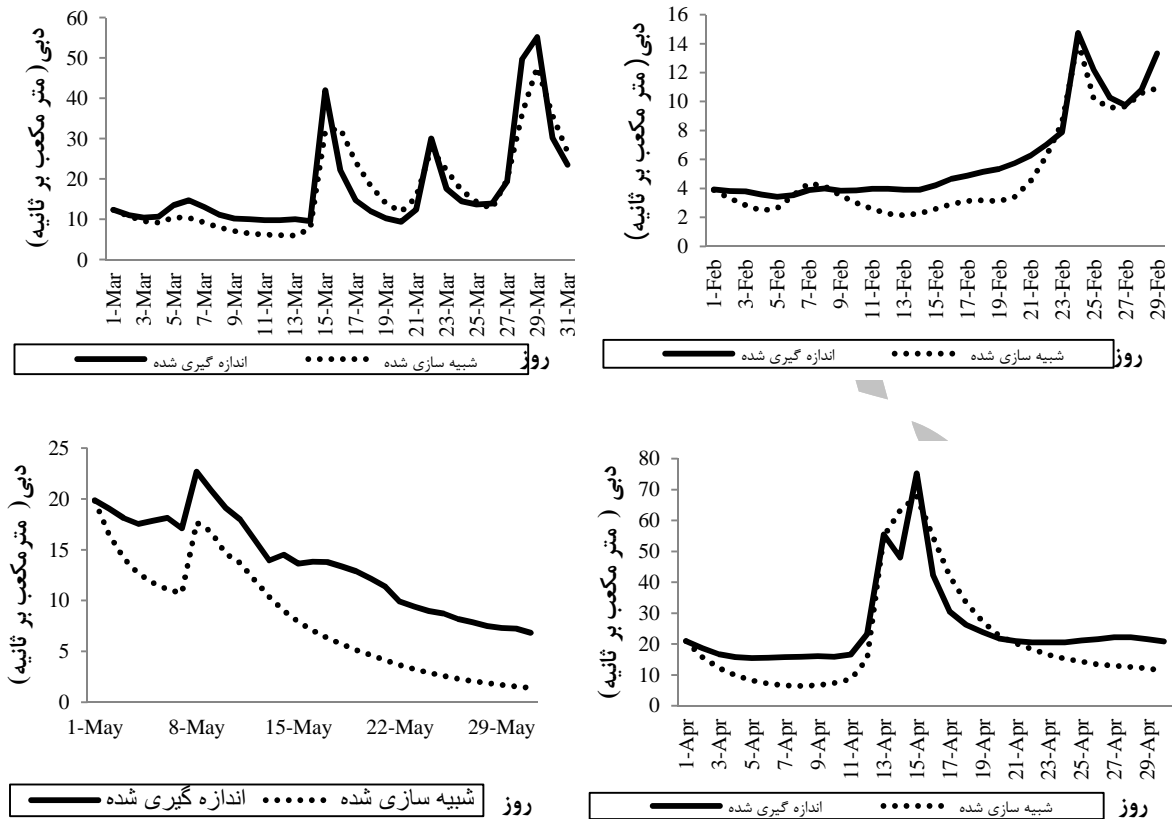
نتایج مندرج در جدول ۱ نشان می‌دهد که ماه مارس، با کمترین درصد اختلاف حجمی معادل با ۳/۵ درصد و شاخص کارایی ۰/۸۱ و همچنین با درصد قابل توجه پوشش برفی در این ماه شکل ۵- الف، بهترین عملکرد شبیه‌سازی ذوب برف محدوده مورد مطالعه توسط مدل SRM را دارا بوده است. این در حالی است که در انتهای فصل ذوب، یعنی در ماه مه، با بیشترین درصد اختلاف حجمی معادل با ۴۰ درصد و کمترین کارایی برابر با ۰/۵۵-، ضعیف‌ترین عملکرد را داشته است. لازم به ذکر است که مطابق با شکل ۵ (ب)، سطح پوشش برفی محدوده‌ی مورد مطالعه در ماه مه، در طبقه ارتفاعی E به میزان ۳۰ درصد، هنوز وجود دارد.

برای مقایسه‌ی عملکرد SRM در ماه‌های مختلف، همچنین مقادیر شبیه‌سازی‌شده و مشاهده‌ای دبی به تفکیک هر یک از ماه‌های فوریه، مارس، آوریل و مه، در شکل ۶ آورده شده است.

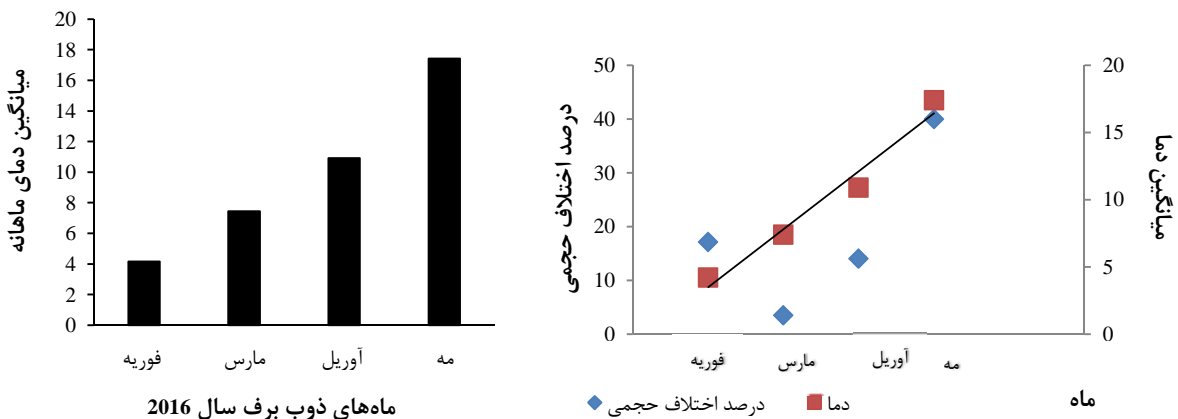
همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، با وجود اختلاف‌های بین مقادیر رواناب شبیه‌سازی‌شده و مشاهده‌ای در هر یک از ماه‌ها که با توجه به چگونگی تغییرات زمانی و مکانی سطح پوشش برفی، دما و بارش، توجیه می‌شوند، انطباق مقادیر شبیه‌سازی‌شده با رواناب مشاهده‌ای، در ماه‌های مختلف در مقایسه با یکدیگر متفاوت است؛ به طوری که در ماه مارس، بهترین انطباق و در ماه مه، کمترین انطباق مشاهده می‌شود. در ماه مه به علت افزایش دما و ذوب



شکل ۵- تغییرات سطح پوشش برفی در طبقات مختلف ارتفاعی محدوده مورد مطالعه (الف) ماه مارس (ب) ماه مه



شکل ۶- مقایسه رواناب شبیه‌سازی‌شده با دبی مشاهده‌ای در هر یک از ماه‌های فصل ذوب ۹۵-۹۴ (الف) فوریه (ب) مارس (ج) آوریل (د) مه



شکل ۷- (الف) تغییرات میانگین دمای ماهانه (ب) مقادیر شاخص اختلاف حجمی عملکرد مدل SRM، در ماه‌های فوریه، مارس، آوریل و مه

گونه‌ای که استفاده و تفسیر نتایج شبیه‌سازی مدل مورد نظر، منوط به بررسی تغییرات دمایی در طبقات مختلف ارتفاعی است. علاوه بر اینکه استفاده از مدل مزبور برای تخمین رواناب در حوضه‌ی برفی، در انتهای فصل ذوب و متناسب با ازدیاد دما و کاهش سطح پوشش برفی، مستلزم تمهیدات بیشتری برای نزدیک‌ساختن نتایج شبیه‌سازی به مقادیر واقعی است؛ زیرا اختلاف مشاهده‌شده بین مقادیر

نتیجه‌گیری

مطابق با نتایج دیگر محققان نظیر فتاحی و همکاران (۱۳۹۰)، ریچار و گراتن (۲۰۰۱)، در تحقیق حاضر مشخص شد که دما، به علت تأثیری که بر ماهیت برف انباشته دارد و از طرفی، به دلیل نحوه‌ی استفاده از آن در مبنای محاسباتی به کار رفته در مدل SRM، تأثیر زیادی در تفسیر نتایج شبیه‌سازی حاصل از مدل SRM دارد؛ به

- Mountainous Kashmir Himalayan Basin. Journal of Research and Development. 12 : 113-130.
5. Debele B. Srinivasan R. and Gosain A. K. 2010. Comparison of process-based and temperature-index snowmelt modeling in SWAT. Water Resource Management. 24: 1065-1088.
 6. Harshburger B. J. Humes K. S. Walden V. P. Moore B. C. Blandford T. R. and Rango A. 2010. Evaluation of Short-to-Medium Range Streamflow Forecasts Obtained Using an Enhanced Version of SRM1. Journal of the American Water Resources Association. 46(3): 603-617.
 7. Hoke R. T. 2003. Temperature index snowmelt modeling in mountain areas. Journal of Hydrology. 282: 104-114-5.
 8. Martinec J. Rango A. and Roberts R. 2008. Snowmelt Runoff Model (SRM) User's Manual. College of Agriculture and Home Economics. NM State University. 180 p.
 9. Martinec J. Rango A. Roberts R. and Baumgartner M. F. 1998. Snowmelt runoff model (SRM) user's manual. University of Berne. Department of Geography.
 10. Martinec J. and Rango A. 1986. Parameter values for snowmelt runoff modelling. Journal of Hydrology. 84(3-4):197-219.
 11. Martinec J. 1960. The degree-day factor for snowmelt runoff forecasting. IUGG General Assembly of Helsinki, IAHS Commission of Surface Waters. 468-477.
 12. Nash J. E. Sutcliffe J. V. 1970. River flow forecasting through conceptual models part I: a discussion of principles. Journal of Hydrology. 10: 282-290.
 13. Neals S. M. and Fitzharris B. B. 1997. Energy balance and synoptic climatology of a melting snowpack in the southern Alps. climate. New Zealan. 17 p.
 14. Rango A. and Martinec J. 1995. Revisiting the degree-day method for snowmelt computations. Journal of the American Water Resources Association. 31: 657-669.
 15. Richard C. and Gratton D. J. 2001. The importance of the air temperature variable for the snowmelt runoff modelling using the SRM. Hydrological Processes. 15(18): 3357-3370.
 16. Yamazaki T. and Kondo J. 1992. The snowmelt and heat balance in snow-covered forested areas. Applied Meteorology. 31: 1322-1327.
- شبهه‌سازی شده و مشاهداتی در ماه مه، انتهای فصل ذوب، به حدی بود که ملاک اختلاف حجمی را تا مقدار ۴۰ درصد افزایش داد و سبب کاهش کارایی به مقدار منهای ۰/۵۵ شد. این نتایج در حالی به دست آمد که در ماه مارس، دومین ماه ذوب، با میانگین دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، مقدار اختلاف حجمی با ۳/۵ درصد کاهش و شاخص کارایی به ۰/۸۱ افزایش یافت. از این‌رو، به واسطه‌ی نتایج بسیار خوب مدل SRM، در ماه مارس، می‌توان از نتایج شبهه‌سازی آن، با قابلیت قابل قبولی برای برآورد رواناب حاصل از ذوب برف در حوضه‌ی مورد مطالعه استفاده کرد. اما استفاده از مدل در ماه‌های با میانگین دمای بالاتر و انتهای فصل ذوب، که به علت دگرگونی ساختار برف، دارای خطای قابل ملاحظه‌ای در نتایج شبهه‌سازی است، برای تخمین رواناب خروجی حوضه برفی، باید توجه بیشتری به نقش چشمه‌ها و اصلاحات لازم در نتایج شبهه‌سازی شود.

سیاسگزاری

بدین‌وسیله از جناب آقای مهندس روانبخش رئیس‌بان عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری به سبب همکاری در جمع‌آوری اطلاعات مشاهده‌ای مورد استفاده در تحقیق حاضر، کمال تشکر و سپاس را دارد.

منابع

۱. شریفی م. ر. ۱۳۸۶. بررسی توزیع مکانی آب معادل برف با استفاده از روش‌های ترکیبی. پایان‌نامه دکتری. دانشگاه شهید چمران اهواز. ۲۲۷ ص.
۲. فتاحی ا. دلاورم. و قاسمی ا. ۱۳۹۰. شبهه‌سازی رواناب ناشی از ذوب برف در حوضه‌های کوهستانی با استفاده از مدل SRM (مطالعه موردی: حوضه آبریز بازفت). نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. ۲۰(۲۳): ۱۲۹-۱۴۱.
۳. قربانی‌زاده خرازی ح. صدقی ح. ثقفیان ب. و پرهمت ج. ۱۳۸۹. پیش‌بینی توزیع زمانی جریان رواناب ناشی از ذوب برف در نیم قرن آینده تحت شرایط تغییر اقلیم (مطالعه موردی: حوضه کارون). نشریه مهندسی آب. ۱(۱): ۴۳-۵۲.

4. Dar R. A. Ramshoo S. A. 2012. Estimating Daily Stream Flow in the Glacierized

Performance evaluation of the SRM model under the influence of different melting months (Case study: Doab Samsami Watershed)

M. Khorram¹ and M. R. Sharifi^{2*}

Extended Abstract

The use of models in snowy basins, due to the effect of snow's properties, requires quantitative and qualitative knowledge of the factors on the melting and runoff resulting from it. Temperature is one of the factors. The impact of its variation on the performance of model based on the degree-day approach should be explained. For this purpose, in the Samsami catchment, the Longitude of 50, 10, 2.2 seconds to 50, 26, 17.6 seconds East and Latitude 32, 5, 16.5 seconds to 32, 15, 1 seconds North the area of 266 square kilometers evaluated the performance of the SRM model in different melting season in years 1393 to 1394 using a product of maximum eight-day snow cover (MOD10A2) and criteria for assessing EI efficiency and Volume Ratio. Then it was processed using ENVI software and ArcGIS software was provided with digital model, composition and snow cover curves. Determination of snow melting season was carried out using snow cover curves. To determine the beginning of the melting season, changes in snow cover levels between 2008 and 2016 were investigated in the Doab Samsami' basin. This basin is one of the northern Karun sub basins in Chahar Mahal and Bakhtiari province with an average rainfall of 1,175 millimeters per year. 61 percent of the precipitation is snow and 39 percent is rain. Due to the significant drop of snow at the surface of the basin, there are large permanent and seasonal springs. The most important of these are the Dezdaran and Koufi springs. These springs have a relatively large reservoir and the origin of the formation of two rivers are named for these two. The two rivers joined in the geographical position of 50 degrees, 17 minutes and 15 seconds east longitude and 32 degrees, 10 minutes and 14.1 second northern latitudes in the vicinity of Samsami village at altitudes of altitude of 1993 meters from the sea level, the water of two waters of Samsami is formed. The study basin has the Doab Samsami meteorological station and Safa Abad hydrometric station at the outlet point of the basin. The basin lacked a snowstorm station, which is why the synoptic Kouhrang station, the nearest Synoptic station to the Doab Samsami basin, was assisted.

The use and interpretation of model simulation results is subject to the study of temperature's variations in different altitudes. The performance of the model in different months of melting is different due to the variable state of the structure of snow accumulated due to temperature. The temperature difference in the melting months, with the effect of stacking on the snowpack, causes the snow to ripe. On the other hand, the ripening of snow causes delays in runoff due to melting and, as a result, the difference between observational and simulated

1- Former MSc. of Department of Hydrology and Water Resources, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

2- Assistant Professor of Department of Hydrology and Water Resources, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

* Corresponding Author: sharifi3010@gmail.com

Received: 2017/04/16

Accepted: 2017/12/03

discharge. Because the ripening phenomenon is directly related to the temperature, it can be said that the performance of the RMS model decreases with increasing temperature, in proportion to the melting season. Accuracy of model SRM decrease with increasing temperature. For February to May, the Volume Ratio rises from 10 to 40 percent for an increase of 16 ° C.

The observed difference between simulated and observational values in May, the end of the melting season, was such that the value of the volume difference increased to 40% and reduced the efficiency by minus 0.55. These results were obtained in March, the second month of melting, with a mean temperature of 4 ° C, the volume difference decreased by 3.5% and the efficiency index increased to 0.81. Hence, due to the very good results of the SRM model in March, its simulation results can be used with acceptable capability to estimate snow flood from the studied basin. However, the use of the model in months with a mean high temperature and the end of the melting season, due to snow structure transformation, has a significant error in the simulation results. In order to estimate the snowflake outflow, more attention should be paid to the role of the springs and the necessary modifications are made in simulation results. Statistical simulations include Volumetric Difference (%) and Efficiency Index (Dimensionless) in each months of February, March, April, May are 17.1, 3.5, 14, 40 and 0.83, 0.81, 0.66, -0.55 respectively. It is therefore seen that, gradually, with the melting months, the accuracy of model estimation decreases. So, the use of model outcomes in the end months of melting requires temperature correction. In March, the best fit and in May, the lowest compliance is observed.

Keywords: Degree- Day, Snow Melting, Snow Runoff Model, Samsami.

Citation: Khorram M. and Sharifi M. R. 2020. Performance evaluation of the SRM model under the influence of different melting months (Case study: Doab Samsami Watershed). Iranian Water Research Journal. 36: ??-??.