مدل‌سازی سطح پوشش و رواناب ناشی از ذوب برف با استفاده تلفیقی از مدل هیدرولوژیکی SRM و تصاویر ماهواره‌ای

راضیه ابراهیمی[۱]، سعید حمزه[۲]، صفر معروفی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۱۶

چکیده:

برف یکی از منابع بزرگ آب در بیشتر نقاط دنیا می‌باشد و تخمین رواناب ناشی از ذوب آن یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های هیدرولوژیست‌ها به حساب می‌آید. ذوب برف، رطوبت خاک، ذخیره آب زیرزمینی و منابع آب دریاچه‌ها و رودخانه‌ها را تأمین کرده و رواناب حاصل از آن در حوضه‌های کوهستانی و مرتفع عامل مهم و کنترل‌کننده رژیم جریان محسوب می‌شود. اما با توجه به عدم وجود اطلاعات زمینی کافی، مدل‌سازی رواناب حاصل از ذوب برف بسیار مشکل می‌باشد. در این خصوص استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی ذوب برف و تصاویر ماهواره‌ای بسیار راهگشا می‌باشد. در این تحقیق سعی شد با استفاده از مدل شبیه‌سازی رواناب حاصل از ذوب برف SRM و اطلاعات به‌دست آمده از تصاویر هشت روزه سنجنده MODIS رواناب روزانه حاصل از ذوب برف برای حوضه آبریز نهاوند که جزئی از حوضه آبریز کرخه محسوب می‌شود، مورد شبیه‌سازی و ارزیابی قرار گیرد. بدین منظور مدل SRM برای حوضه مورد مطالعه در سال‌های آبی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰ اجرا و واسنجی گردید و برای سال‌های آبی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ مورد صحت‌سنجی قرار گرفت. بالاترین ضرایب همبستگی و تفاضل حجمی برای مدل در دوره واسنجی به ترتیب ۰/۷۵ و ۳/۶۲- و در دوره صحت‌سنجی برابر ۰/۷۹ و ۲۶/۶۷ بدست آمد. تحلیل حساسیت پارامترهای ضریب درجه روز، ضریب رواناب برف و باران مدل انجام گردید که نشان‌دهنده حساسیت کمتر مدل به افزایش و کاهش ضریب رواناب باران در میان سایر پارامترها بود. مقادیر به‌دست آمده دقت بالای مدل در برآورد رواناب حاصل از ذوب برف را برای حوضه مذکور نشان‌داد و نشانگر قابلیت کاربرد مدل برای سایر حوضه‌های مشابه در منطقه است.

کلمات کلیدی: رواناب، سطح پوشش برف، سنجنده MODIS، مدل SRM.

[۱] کارشناس منابع آب، دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب، دانشگاه ملایر_ اراک، میدان انقلاب، بلوارکرهرود، ۰۹۱۸۵۹۹۸۴۶۸
Razie.ebrahimi1991@gmail.com
[۲] استادیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران، ۰۹۱۸۳۵۱۱۹۵۹، Saeid.hamzeh@ut.ac.ir
(مسئول مکاتبه)
[۳] استاد گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی همدان،۰۹۱۸۳۱۴۳۶۸۶، smarofi@yahoo.com

مقدمه

شبیه‌سازی و پیش‌بینی رواناب آب‌های سطحی و رودخانه‌ها در زمینه‌های مختلف از جمله در بخش تامین آب شرب، کشاورزی و صنعت، کنترل سیل و هشدار آن، گردشگری و مدیریت مخازن دارای کاربرد می‌باشد. لذا برای پیش‌بینی زمان واقعی و اقلیمی رواناب‌ها غالبا از مدل‌های هیدرولوژیکی شبیه‌سازی رواناب استفاده می‌گردد که عموما براساس بارش باران و ذوب برف عمل می‌کند. آنچه که مورد نظر محققین هیدرولوژی می‌باشد این مطلب است که چه مقدار آب در یک حوضه آبریزی به شکل برف ذخیره شده است. واضح است که اندازه‌گیری نقطه به نقطه برای بدست آوردن این پارامترها کار تقریبا غیرممکنی مخصوصا در مناطق کوهستانی است. (Malcher and Heidinger, 2004).

در بین تمام مدل‌های بارش - رواناب، مدل SRM با استفاده از مساحت پوشش برف به عنوان ورودی، دارای بیشترین کاربرد در زمینه پیش‌بینی و شبیه‌سازی رواناب حوضه‌های کوهستانی است. وجود برف در حوضه‌های برف‌گیر، نه تنها بر اقلیم محلی و منطقه‌ای تاثیر می‌گذارد، بلکه منابع آبی که به صورت آب‌های یخ زده در سطح ذخیره می‌شود نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد (Dickinson, Henderson-Seller & Kennedy, 1993). بنابراین پایش زمانی و مکانی سطح پوشش برف سال‌هاست که برای پیش‌بینی‌های هیدرولوژیک استفاده شده است.

Georgievsky, 2009 نیز از این مدل و تصاویر ۸ روزه پوشش برف MODIS، MOD10A2 برای شبیه‌سازی جریان ذوب برف در روسیه استفاده کرد و نتیجه گرفت که این مدل را می توان برای پیش‌بینی کوتاه مدت رواناب در دامنه کوه‌ها و مناطقی از حوضه آبریز کراسنودار در روسیه مورد استفاده قرار داد.

Harshburger, 2010 با استفاده از مدل SRM، داده‌های برف سنجنده MODIS و اطلاعات ایستگاه‌های تله‌متری برف در حوضه‌های کوهستانی غرب ایالات متحده به بررسی 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 استفاده کردند. مقایسه این شبیه‌سازی نشان داد پیشرفت قابل توجهی در بهبود عملکرد مدل روی داده است.

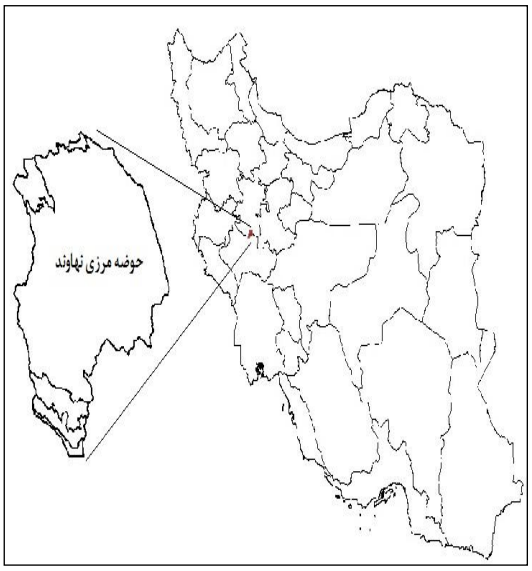
نجفی و همکاران (۱۳۸۶) با استفاده از تصاویر سنجنده AVHRR و میر یعقوب زاده (۱۳۸۶) و قاسمی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS، از مدل SRM برای شبیه‌سازی رواناب حاصل از ذوب برف در حوضه‌های شهر چای، ارومیه، سد کرج و حوضه آبریز بختیاری بهره جستند و به نتایج قابل قبولی در برآورد رواناب حاصل از ذوب برف برای منطقه مذکور دست یافتند که بیانگر قابلیت کاربرد مدل برای حوضه‌های دیگر در این مناطق می‌باشند.

مواد و روش‌ها:

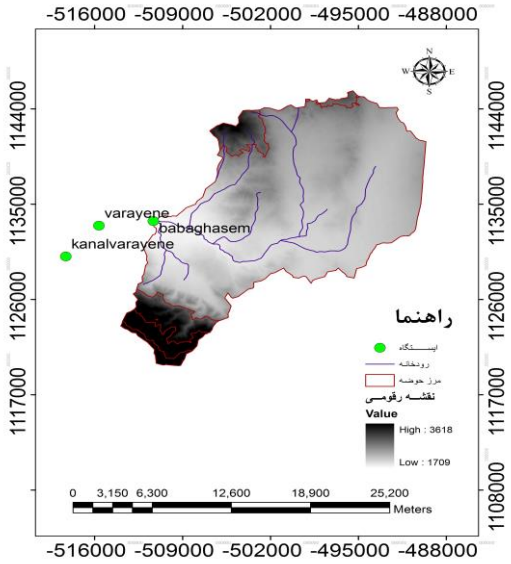
منطقه مورد مطالعه:

شهرستان نهاوند با مساحتی در حدود ۱۴۶۰ کیلومتر مربع، با مختصات جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱ دقیقه طول شرقی در جنوب غربی استان همدان، به فاصله ۴۴۰ کیلومتری جنوب غرب شهر تهران و ۱۶۰ کیلومتری جنوب شهر همدان واقع شده است (شکل۱). شبکه‌های جاری داخل این حوضه به خارج از آن زهکشی می‌شوند، هم‌چنین دارای جریان‌های ورودی از حوضه‌های مجاور نیز می‌باشد، که عبارت‌اند از: رودخانه خرم آباد ملایر و قُلقُل رود تویسرکان. هر دو رود از شمال با برشی که در ارتفاعات شمالی نهاوند ایجاد کرده‌اند وارد دشت نهاوند شده و به رودخانه گاماسیاب می‌پیوندند. رژیم افزایش دما تقریباً دارای نوسان منطقی است به طوری که از دی‌ماه تا تیرماه روند صعودی و افزایشی دارد و از تیر به دی ماه بالعکس روند نزولی پیدا کرده و کاهش میابد. DEM

محدوده به همراه موقعیت رودخانه ها و ایستگاه‌ها نمایش داده شده است (شکل ۲).



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه



شکل(۲): DEM محدوده مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه‌ها

ساختار مدل SRM :

مدل SRM یک مدل هیدرولوژیکی، مفهومی و عینی براساس روش درجه – روز است این مدل به منظور شبیه‌سازی و پیش‌بینی جریان روزانه در حوضه‌های کوهستانی که مهم‌ترین عامل در تولید رواناب در این حوضه‌ها، ذوب برف می‌باشد، طراحی شده است (Martinec, 1975). محاسبه میزان آب تولید شده در این حوضه در اثر ذوب برف و بارش باران با استفاده از معادله زیر انجام شد (رابطه۱)

$$Q_{n+1}=[C_{sn}a_n(T_n+\Delta T_n)S_n+C_{Rn}P_n]\times\frac{A\times1000}{86400}+Q_nK_{n+1} \quad (1)$$

که در آن

A= مساحت حوضه آبریز در هر زون (مناطق ارتفاعی با فواصل ۵۰۰ متر) بر حسب Km^2

n= شماره روز در یک دوره محاسباتی

۱۰۰۰۰/۸۶۴۰۰= ضریبی است که واحد Q را $[cmkm^2d^{-1}]$ به $[m^3s^{-1}]$ تبدیل می کند.

Q= خروجی روزانه برحسب $[m^3s^{-1}]$

T= تعداددرجه–روز $[c^{\cdot}d]$

ΔT= گرادیان حرارتی هر ناحیه ارتفاعی

S= نسبت سطح پوشیده شده از برف به کل محدوده

P= بارش (برف یا باران) برحسب cm می باشد.

C_s= ضریب رواناب برف

C_R= ضریب رواناب باران

a= عامل درجه–روز بر حسب $[cm{\cdot}c^{-1}d^{-1}]$، 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

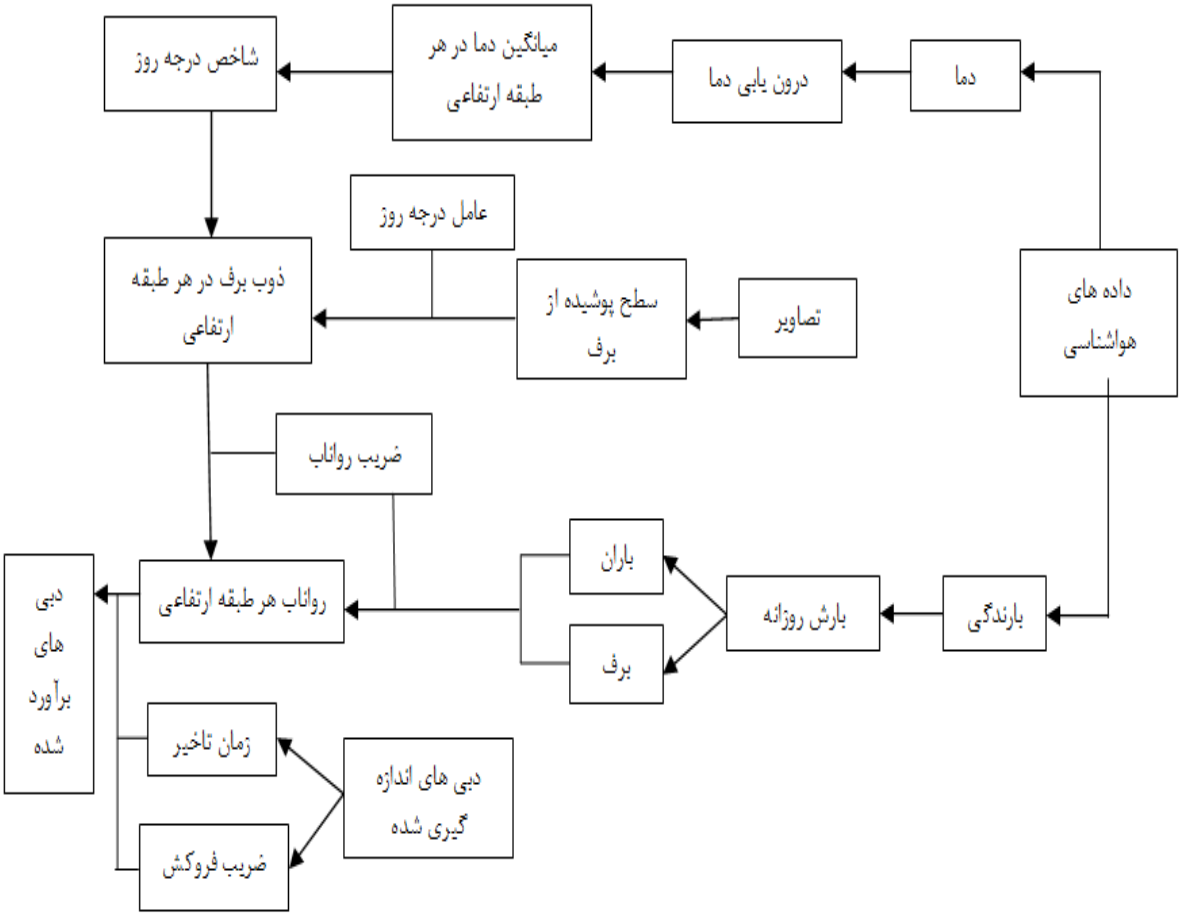
L= زمان تمرکز

T_{CRIT}= دمای بحرانی

پارامترهای ورودی به مدل:

پارامترهای ورودی به مدل شامل ضریب رواناب برف، ضریب رواناب باران، فاکتور درجه - روز، گرادیان دما، دمای بحرانی، سطح موثر در باران، ضریب فروکش و زمان تاخیر می‌باشد. هر یک از این پارامترها را می‌توان با اندازه‌گیری و یا براساس نظرات

کارشناسی متخصصان و با استفاده از خصوصیات حوضه، روابط فیزیکی، تجربی و روابط همبستگی برآورد کرد.



شکل(۳): ساختار مدل SRM

اطلاعات ورودی به مدل:

خصوصیات حوضه و ناحیه ارتفاعی:

مرز حوضه با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی تهیه شده و منحنی‌های میزان بر روی آن ترسیم شد. سپس حوضه بر اساس ارتفاع و سطح حوضه به ناحیه های ارتفاعی با اختلاف ۵۰۰ متری تقسیم بندی شد و پارامتر های موثر در ذوب برف در متوسط ارتفاع هیپسومتریک هر ناحیه محاسبه شد (جدول۱).

جدول(۱): پارامترهای مناطق ارتفاعی بدست آمده از DEM حوضه مورد مطالعه

منطقه	محدوده ارتفاعی (m)	ارتفاع متوسط (m)	مساحت (km^2)	مساحت (%)
A	۱۷۰۹-۲۲۰۹	۱۹۳۸/۵۸	۲۸۶/۳۹	۸۷/۰۲
B	۲۲۰۹-۲۷۰۹	۲۴۱۰/۱۸	۲۹/۴۳	۸/۹۴
C	۲۷۰۹-۳۲۰۹	۲۹۴۰/۰۳	۹/۵۹	۲/۹۱
D	۳۲۰۹-۳۶۱۸	۳۳۸۱/۰۸	۳/۶۹	۱/۱۳
جمع			۳۲۹/۱۰	۱۰۰

درجه حرارت

دما به وسیله گرادیان دما به متوسط ارتفاع هیپسومتریک منتقل میگردد. اندازه‌گیری دقیق دما مشکل است، بنابراین داده‌های مربوط به یک ایستگاه هواشناسی خوب (هرچند در خارج از حوضه واقع شده باشند) به چندین ایستگاه غیر قابل اعتماد ترجیح داده میشود. رابطه‌های (۲) و (۳) به ترتیب میانگین درجه حرارت و مقدار تصحیح مورد نیاز برای انتقال دما از ایستگاه مبنا تا متوسط ارتفاع هیپسومتریک منطقه را نشان می دهد.

$$T = \frac{T_{max}+T_{min}}{2} \qquad (۲)$$

$$\Delta T = \gamma\left(h_{st} - \bar{h}\right)\frac{1}{100} \qquad (۳)$$

که γ شدت گرادیان دما (درجه گرادیان دما در هر ۱۰۰ متر)

h_{st}: ارتفاع ایستگاه هواشناسی (متر)

h : متوسط ارتفاع هیپسومتریک منطقه (متر)

زمانیکه مقدار درجه – روز $(T+\Delta T)$ منفی شد، مقدار آن به صورت اتوماتیک به صفر تبدیل می‌گردد. بنابراین در درجه حرارت منفی ذوب برف محاسبه نگردید.

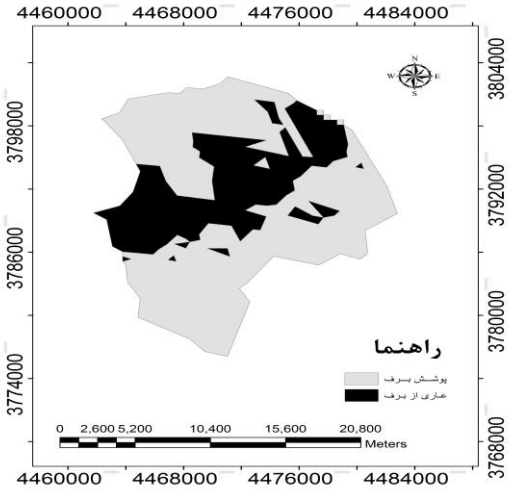
بارش:

تعمیم بارش نقطه‌ای برای سطح حوضه‌های کوهستانی مشکل و پیچیده است. بارش‌هایی که در ارتفاعات و در دمای کمتر از دمای بحرانی اتفاق می‌افتند، به صورت برف بوده و تاثیر تاخیری در جریان دارند و اگر دما بیشتر از دمای بحرانی باشد، دبی‌های اوج به وقوع می‌پیوندند.

سطح پوشش برف:

مقدار سطح پوشیده از برف به کل سطح را نسبت پوشش برف می‌نامند. سطح پوشش برف در فصل ذوب به تدریج کاهش می‌یابد. منحنی‌های پوشش برف می تواند از نقشه‌های پوشش برف درونیابی گردد. مقادیر روزانه پوشش برف از متغیرهای مهم ورودی به مدل SRM می‌باشد. MOD10A2 شامل سلول‌های ۱۲۰۰ در ۱۲۰۰ کیلومتر با وضوح ۵۰۰ متری در یک نقشه جهانی مسطح است. داده‌های پوشش برف از تصاویر اسپکترورادیومتری (MODIS) با استفاده از شاخص نرمال پوشش برف NDSI بدست آمد. به علت انعکاس پایین برف در باندهای مادون قرمز و انعکاس بالا در باندهای مرئی، این شاخص می‌تواند در تشخیص پوشش برف از سایر پدیده‌ها بسیار مفید می باشد (رابطه۴). سپس با استفاده از تصاویر ماهواره ای و نرم‌افزار GIS و RS سطح پوشش برف برای منطقه مورد نظر که متغیر اساسی مدل بشمار می‌رود محاسبه شد (شکل۴).

$$NDSI = (band4-band6)/(band4+band6) \qquad (۴)$$



شکل(۴): سطح پوشش برف حوضه نهاوند بر اساس تصاویر MODIS در تاریخ ۲۰۱۲/۰۱/۲۵

آبدهی:

برای کالیبره کردن مدل نیاز به یک سری اطلاعات آبدهی مشاهده‌ای وجود دارد. مجموع آبدهی مربوط به ایستگاه هیدرومتری باباقاسم به عنوان آبدهی کل حوضه در نظر گرفته شد و به این ترتیب مدل برای کل حوضه کالیبره شد. مقادیر دما و بارش روزانه از داده‌های ثبت شده در ایستگاه وراینه بدست آمد و مقادیر دبی روزانه با استفاده از آمار اندازه گیری شده در ایستگاه باباقاسم به مدل وارد شد (جدول۲). همچنین در مورد پارامترهای ورودی به مدل، مقادیر ضریب رواناب برف (C_s)، باران (C_r)، افت محیطی دما و فاکتور درجه- روز (α) به صورت متوسط فصلی و دمای بحرانی و زمان تاخیر برای تمام حوضه در نظر گرفته شد و سطح مشارکت در بارش (RCA) به صورت روزانه به مدل وارد شد. همچنین برای تعیین ضریب فروکش جریان از رابطه ارائه شده توسط مارتینک و رنگو بصورت معادله زیر:

$$K_{n+1} = xQ_n^{-y}$$

استفاده گردید. در این روش مقادیر دبی هر روز Q_{n+1} در مقابل Q_n رسم و پائین ترین خط محدوده مقدار k در نظر گرفته شد و مقادیر X و Y به مدل وارد شد. درنهایت پس از استخراج و آماده‌سازی متغیرها و پارامترهای فیزیکی حوضه، این اطلاعات به مدل وارد و فرآیند شبیه‌سازی رواناب حاصل از ذوب برف به صورت روزانه در نرم‌افزار SRM به منظور بررسی نقش پوشش برف در تغییرات دبی رودخانه در حوضه آبریز نهاوند مورد بررسی قرار گرفت.

جدول (۲): خلاصه آماری داده های ورودی به مدل

سال	میانگین دبی (m^3/s)	میانگین بارندگی (mm)	میانگین دما (^oc)	نسبت سطح پوشش برف
۲۰۰۳-۲۰۰۴	۰/۵	۱/۷۷	۱۰/۶۶	۵۰۲/۰۹
۲۰۰۴-۲۰۰۵	۰/۵۳	۱/۵۹	۱۰/۰۸	۵۶۴/۷۹
۲۰۰۵-۲۰۰۶	۰/۶۹	۱/۶۵	۱۱/۵۸	۴۹۰/۷۰
۲۰۰۶-۲۰۰۷	۰/۷۴	۱/۹۷	۱۰/۲۴	۵۷۵/۵۹
۲۰۰۷-۲۰۰۸	۰/۳۸	۱/۰۴	۱۰/۹۶	۴۸۹/۱۹
۲۰۰۸-۲۰۰۹	۰/۱۷	۱/۱۸	۱۰/۵۴	۵۴۴/۷۸
۲۰۰۹-۲۰۱۰	۰/۱۲	۱/۷۱	۱۱/۵۹	۴۹۰/۶۶
۲۰۱۰-۲۰۱۱	۰/۱	۱/۲۶	۱۲/۷۷	۴۵۸/۷۹
۲۰۱۱-۲۰۱۲	۰/۰۹	۱/۲۲	۱۲/۶۸	۵۰۷/۹۶
۲۰۱۲-۲۰۱۳	۰/۰۸	۱/۲۹	۱۳/۸۰	۴۷۲/۰۳

پارامترهایی که توسط مدل جهت ارزیابی دقت جریان شبیه‌سازی مورد استفاده قرار گرفته است، ضریب تبیین (رابطه۵) و تفاضل حجمی (رابطه۶) می‌باشد.

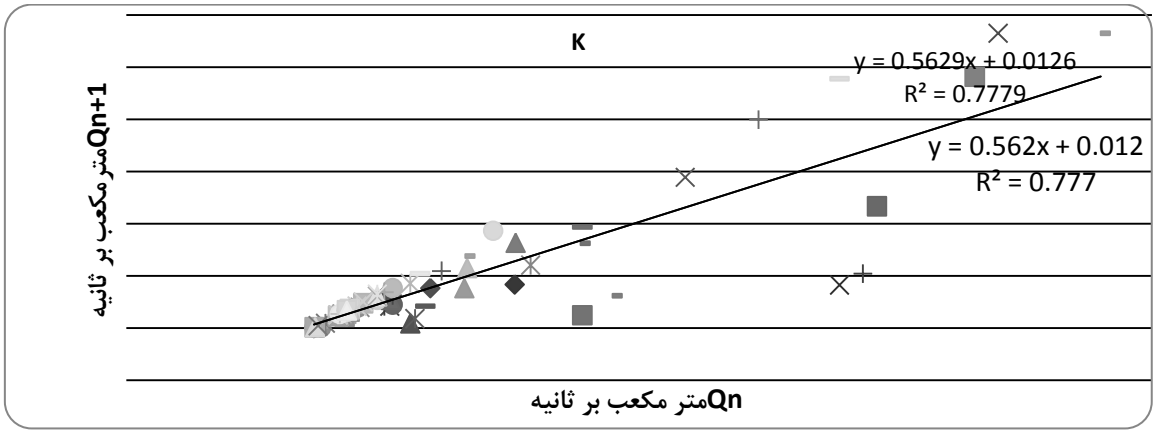
$$R^2=1-\frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_i-\acute{Q}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Q_i-\bar{Q})^2} \quad (۵)$$

$$D_v[\%]=\frac{V_R-\acute{V}_R}{V_R}\times 100 \quad (۶)$$

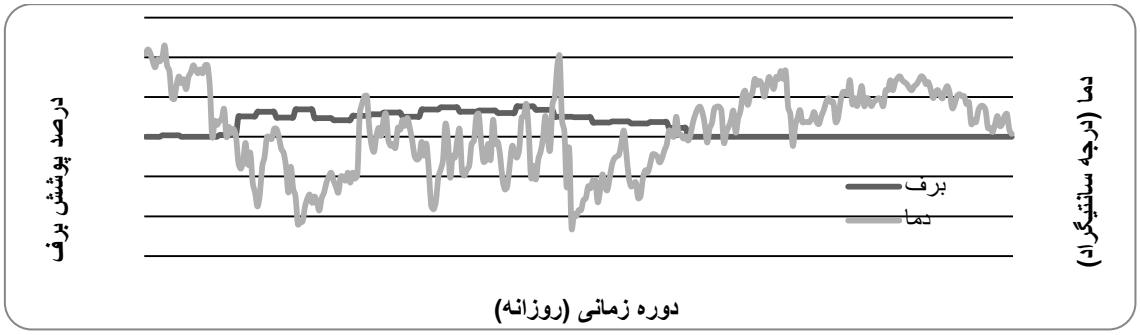
نتایج و بحث:

فرآیند شبیه‌سازی جریان حاصل از ذوب برف در حوضه آبریز نهاوند با محاسبه فاکتورها و پارامترهای مورد لزوم در دوره ۷ ساله سپتامبر ۲۰۰۳ تا سپتامبر ۲۰۱۰ اجرا و واسنجی شد و برای دوره ۳ ساله سپتامبر ۲۰۱۰ تا سپتامبر ۲۰۱۳ مورد صحت‌سنجی قرار گرفت. که نتیجه حاصل از این شبیه‌سازی به صورت گرافیکی در شکل‌ها در ادامه نشان داده شده است.

- با افزایش دما، سطح پوشش برف کاهش یافته و با کاهش دما این سطح افزایش می یابد. بارش برف از اوایل دسامبر شروع شده و سطح پوشش برف همزمان با نوسانات دما تغییر می‌کند. در اکثر سال‌ها منحنی سطح پوشش برف از اوایل فوریه شروع به فروکش کرده که ضریب فروکش جریان با توجه به شکل ۵ بدست آمده و باعث افزایش آبدهی می شود. بطوریکه با کاهش سطح پوشش برف میزان رواناب افزایش می‌یابد (شکل۶).

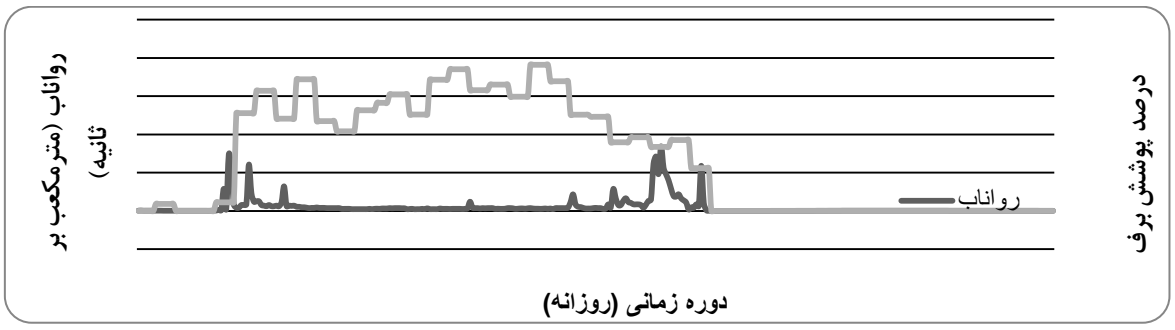


شکل(۵): نمودار تعیین ضریب فروکش جریان، سال آبی ۲۰۱۲ – ۲۰۱۱



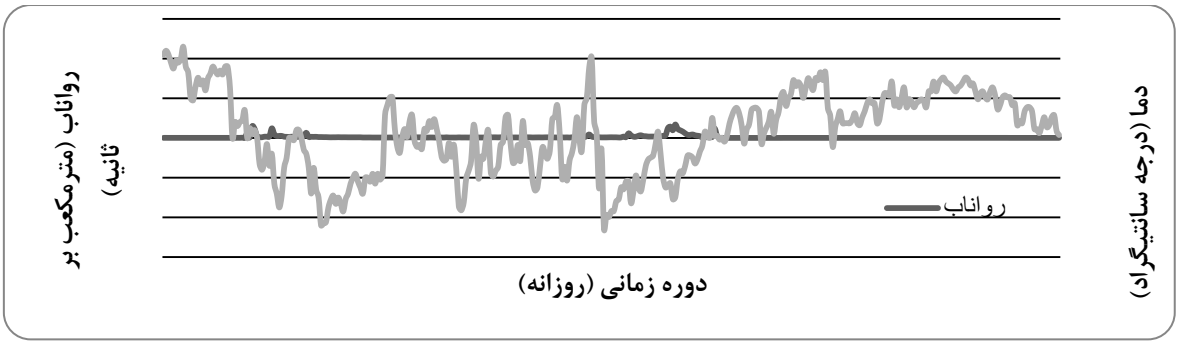
شکل(۶): تغییرات سطح پوشش برف با دمای برف، سال آبی ۲۰۱۲ – ۲۰۱۱

هر چند که تغییرات سطح پوشش برف با میزان آبدهی روند خاصی را دنبال نمی‌کند، اما به صورت 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 بارندگی‌ها نیز در افزایش آبدهی رودخانه قابل توجه می باشد. همان طور که از داده‌های مشاهداتی قابل استنتاج است، افزایش آبدهی در اوایل یا اواخر ماه فوریه رخ داده است که عموما با یک کاهش تدریجی و یا ناگهانی سطح برف همراه بوده است (شکل۷).



شکل(۷): تغییرات سطح پوشش برف با داده های مشاهداتی میزان آبدهی، سال آبی ۲۰۱۲ – ۲۰۱۱

تغییرات دمای سطحی با میزان آبدهی در اکثر مواقع به جز تعدادی از روزهای دوره مطالعاتی از روند یکسانی پیروی می کند.به صورت کلی می توان نتیجه گرفت که افزایش دما با افزایش میزان ذوب برف و در نتیجه میزان آبدهی همراه بوده است (شکل۸).



شکل(۸): تغییرات متوسط دمای سطحی با داده های مشاهداتی آبدهی، سال آبی ۲۰۱۲ – ۲۰۱۱

برای واسنجی مدل SRM متغیرهای ضریب رواناب باران، ضریب رواناب برف، ضریب درجه-روز مورد واسنجی قرار گرفت. جدول (۳) محدوده بهینه و اولویت حساسیت متغیرهای مدل را نشان می‌دهد.

جدول (۳): محدوده بهینه متغیرهای مدل کلاسیک و رتبه بندی از نظر میزان حساسیت SRM

متغیر	شرح متغیر	مقدار حداقل	مقدار حداکثر	رتبه
C_S	ضریب رواناب برف	۰/۰۱	۰/۹۹	۱
AN	فاکتور درجه – روز	۰/۰۵	۱	۲
C_R	ضریب رواناب باران	۰/۰۱	۰/۹۹	۳

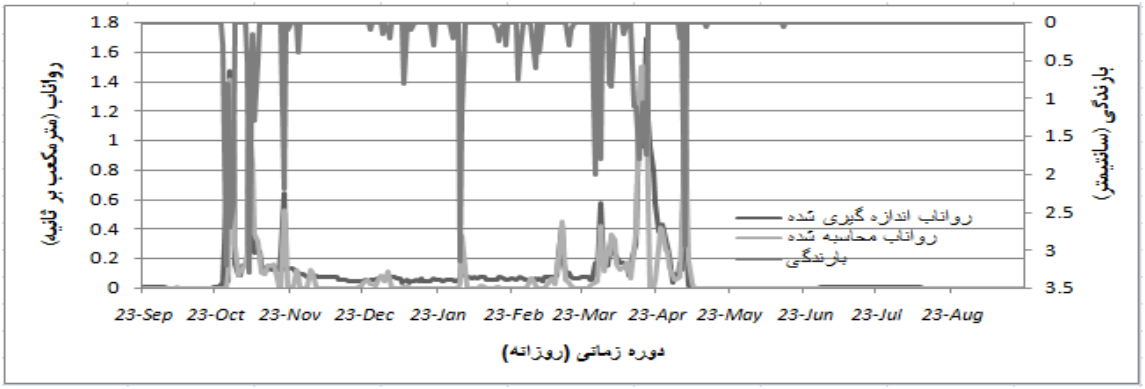
مقادیر بهینه‌ی ضریب تبیین و تفاضل حجمی در دوره‌های ده ساله شبیه‌سازی به ترتیبی که ۷ سال اول شامل دوره‌های واسنجی (جدول۴) و ۳ سال آخر صحت‌سنجی (جدول۵) بود، بیان شد. مقادیر، دقت نسبتا بالای مدل را در برآورد رواناب حاصل از ذوب برف نشان داد. بطوریکه با توجه به نتایج حاصل از تفاضل حجمی بدست آمده و اشکال گرافیکی حاصل از هیدروگراف، دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی در طی دوره‌های مورد نظر (شکل ۹ به عنوان نمونه) در مجموع نتایج قابل قبولی را ارائه نمود.

جدول(۴): نمایه های کارآیی و ارزیابی مدل طی دوره واسنجی، سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰

سال آبی	R^2	D_V
۲۰۰۳ -۲۰۰۴	۰/۴۴۹۹	-۱/۳۳
۲۰۰۴ -۲۰۰۵	۰/۷۳۰۳	-۹/۹۶
۲۰۰۵ -۲۰۰۶	۰/۵۳۷۲	۱۴/۶۹
۲۰۰۶ -۲۰۰۷	۰/۷۵۷۹	-۳/۶۲
۲۰۰۷ -۲۰۰۸	۰/۵۹۵۶	۳۵/۸۲
۲۰۰۸ -۲۰۰۹	۰/۴۹۴۱	۳۷/۵۲
۲۰۰۹ -۲۰۱۰	۰/۶۶۴۸	-۵/۳۶

جدول(۵): نمایه های کارآیی و ارزیابی مدل طی دوره صحت سنجی، سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳

سال آبی	R^2	D_V
۲۰۱۰ -۲۰۱۱	۰/۷۱۰۶	۹/۷۳
۲۰۱۱ -۲۰۱۲	۰/۷۹	۲۶/۶۷
۲۰۱۲ -۲۰۱۳	۰/۵۲۵۹	-۱۸/۳۶



شکل(۹): نتایج مدل SRM در شبیه سازی رواناب ناشی از ذوب برف برای دوره صحت‌سنجی، ۲۰۱۲ – ۲۰۱۱

نتیجه گیری:

۱. شبیه‌سازی رواناب حاصل از ذوب در حوضه آبریز نهاوند نشان می دهد این مدل قادر به مشخص کردن و تخمین رواناب روزانه در حوضه مذکور می‌باشد و همبستگی بین دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی روزانه در فاصله یک دوره آماری طولانی از سپتامبر ۲۰۰۳ تا سپتامبر ۲۰۱۳ (مهر ماه ۱۳۸۲ تا شهریور ۱۳۹۲) موید این مطلب است.

۲. بررسی نتایج شبیه‌سازی رواناب در بازه زمانی سالانه و فصول ذوب، همبستگی یکسانی را نشان داد.

۳. به دلیل حساسیت مدل SRM به نرخ کاهش دما با ارتفاع، محاسبه دقیق آن در ارتقاء دقت شبیه‌سازی صورت گرفته به وسیله مدل موثر خواهد بود.

۴. نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از تصاویر MODIS و یا ماهواره‌های مشابه، راه حل مفیدی برای پایش زمانی و مکانی پوشش برف و دمای سطح برف برای حوضه‌های کوهستانی است و استفاده از محصولات فوق برای مدل‌های پیش‌بینی هواشناسی و آبشناسی بسیار مهم است. این موضوع در رابطه با محصولات MODIS به علت دارا بودن قدرت تفکیک مناسب و دسترسی آسان و رایگان از طریق اینترنت از جمله اهم امتیازات این سنجنده است که می تواند در روند برآورد سطح پوشش برف و برآورد مقادیر آب معادل برف بسیار موثر و سودمند باشد.

۵. پایش به هنگام سطح پوشش برف در حوضه‌های کوهستانی، ذخایر آبی موجود در این حوضه‌ها را نشان می‌دهد. بنابراین، از نقشه‌های سطح پوشش برف میتوان به عنوان یکی از پتانسیل‌های آبی در رابطه با بهره‌برداری از منابع آب استفاده کرد.

۶. یکی از نیازهای مهم اطلاعاتی در رابطه با مدل‌های بارش رواناب تعیین بودجه برفی حوضه است. بودجه برفی حوضه در واقع پارامتر متغیری است که با گذشت زمان در طی فرآیند وقوع یک سیلاب تغییر میکند. این متغیر باید توسط مدل پیوسته هیدرولوژی شبیه‌سازی و تعیین شود.

استفاده از محصولات تصاویر MODIS به صورت پایش به هنگام یکی از مهم‌ترین و مفیدترین روش‌های محاسبه انباشت (ذخیره برف) و ذوب برف به ویژه در مطالعات پیش‌بینی و هشدار سیل است و می‌تواند به طور گسترده‌ای در اینگونه از مطالعات استفاده شود.

منابع:

نجفی، ا.، ج. قدوسی، ب. ثقفیان و ج. پرهمت. ۱۳۸۶. برآورد رواناب ذوب برف با استفاده ازسنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در حوضه شهر چایی ارومیه .پژوهش و سازندگی، شماره ۷۶، سال بیستم.

میریعقوب زاده، م. ح. ۱۳۸۶. شبیه‌سازی رواناب حاصل از ذوب برف، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران.

قاسمی، ا.، ب. علیجانی و ا. فتاحی. ۱۳۸۹. شبیه‌سازی رواناب حاصل از ذوب برف با استفاده از مدل SRM مطالعه موردی حوضه آبریز بختیاری .همایش برف و یخ شهرکرد ۱۳۸۹.

Dickinson, R. E , A. Henderson-Sellers and P. J. Kennedy. 1993. Biosphere–Atmosphere Transfer Scheme (BATS) Version 1e as coupled to the NCAR Community Climate Model, NCAR Tech. Note NCAR/TN- 387+STR, 72 pp. Natl. Cent. For Atmos. Res.Boulder , Colo.

Martinec, J., (1975). Snowmelt Runoff Model for Streamflow Forecasts.Nordic Hydrology.6, 145–154.

Hong, M. A. and C. Guodong. 2003. A test of Snowmelt Runoff Model (SRM) for the Gongnaisi River basin in the western Tianshan Mountains, China.Chinese Science Bulletin, 48, 2253-2259.

Malcher, P. and M. Heidinger. 2004. Processing and data Assimilation Scheme for Satellite Snow Cover Products in the Hydrological Model .Envisnow, 00052, 1-40.

Najafzadeh R. , A. Abrishamchi and M. Tajrishi. 2005. Runoff simulation with snowmelt runoff modeling using RS and GIS.

Emre, A., Z. Akyu, A. S. Ormanc, A. S. Ensoyc and A. U. Orman. 2005. Using MODIS snow cover maps in modeling snowmelt runoff process in the eastern part of Turkey.Remote Sensing of Environment, 97, 216 – 230

Georgievsky, M .V. 2009.Application of the Snowmelt Runoff modelin the Kuban river basin using MODIS satellite images. Environmental Research Letters,4,4, 1-5.

Harshburger, B. J., S. H. Karen, P. W. Von, C. M. Brandon, R. B. Troy and A. Rango. 2010. Evaluation of Short-to-Medium Range Streamflow Forecasts Obtained Using an Enhanced Version of SRM. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA) 00(0):1-15. DOI: 10،1111/j.1752-1688.

Modeling the snow cover and snowmelt runoff using a combination of SRM hydrological model and satellite imagery

Razie Ebrahimi[1], Saied Hamze[2], Safar Marofi[3]

Abstract:
Snow is one of the huge sources of water around the world, and estimation of the equivalent water of snowmelt is regarded as one of the most crucial activities of the hydrologists. Through snow melting, the soil moisture, underground water reservoirs, lakes and rivers water reservoirs are supplied; and the more readily, the snowmelt runoff is regarded as a main factor for controlling the flow regime in mountains and high basins. Therefore, the estimation of the snow cover and its runoff is very important issue in the mountainous basins. But, this effort is very difficult to be done due to lack of adequate land information in this regard. Using snowmelt hydrological models and satellite imagery are very useful to cope with this problem. In this study, it was tried to simulate and evaluate the daily runoff of snowmelt by the use of a snowmelt runoff model (SRM) and the information extracted from MODIS eight-day images, for Nahavand watershed which is one of the Karkheh river basin's parts located on western Iran. The model was run and calibrated for the water years from 2003 to 2010; and it was validated for the water years 2011 to 2013. The highest correlation coefficients and volume difference for the model in the calibration period were 0.75 and -3.62, respectively; and 0.79 and 26.67 for the validation period, respectively. A sensitivity analysis was done for degree day, snow runoff coefficient and rain runoff factors and its results shows that a lower sensitivity of model to increased or decreased of rain runoff coefficient among the other parameters. In general, obtained results show a high level of accuracy of this model by the use of satellite imagery as an input for estimating the snowmelt runoff for the studied watershed and the capability of this model for other similar basins as well.

Keywords: MODIS Sensor, Runoff, Snow cover, SRM Model.

[1] MSc student of Water Resource Engineering, Faculty of Agriculture, Maleyer University.
[2] *Assistant Professor, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography, University of Tehran.
Email: Saeid.hamzeh@ut.ac.ir
[3] Professor, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture, BouAli Sinal University.