Archive of SID

نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۰، شماره ۵۵، بهار ۱۳۹۵، صفحات ۲۸۹-۲۷۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۰۳ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۰۳/۱۱

شبیه‌سازی رواناب ناشی از ذوب برف با استفاده از داده‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: حوضه آبی دهگلان)

حسین نظم‌فر[۱]
مسعود مرادی[۲]

چکیده

با توجه به کمبود اطلاعات اقلیمی در مورد مقادیر بارش برف در ارتفاعات، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند در بررسی توزیع پوشش برف و راواناب حاصل از آن در حوضه‌های آبی کمک کند. لذا هدف از این پژوهش بررسی چگونگی ارتباط رواناب سطحی در خروجی حوضه آبی دهگلان در ارتباط با تغییرات پوشش برف در ارتفاعات حوضه است. رواناب ناشی از ذوب برف در حوضه آبی دهگلان با استفاده از مدل رواناب-ذوب برف بررسی شده است. بدین منظور ابتدا خصوصیات فیزیکی حوضه شامل محیط، مساحت و طبقات ارتفاعی با استفاده از اطلاعات رقومی موجود محاسبه شد، اطلاعات اقلیمی و هیدرومتری نیز از سازمان‌های ذیربط گردآوری شدند. نسبت پوشش برفی حوضه با استفاده از تولیدات ۸ روزه سطح پوشش برف در مقیاس جهانی از داده‌های پوشش برف مودیس موجود در سایت سازمان ناسا که توسط الگوریتم SNOWMAP تولیدشده است. در ادامه اطلاعات مورد نیاز وارد مدل شده و عمل شبیه‌سازی متناسب با خصوصیات حوضه مورد مطالعه صورت گرفت. پارامترهای ارزیابی که توسط مدل جهت ارزیابی دقت جریان شبیه سازی شده مورد استفاده قرار می‌گیرد ضریب تبیین و تفاضل حجمی می‌باشد. فرآیند شبیه‌سازی جریان حاصل از ذوب برف با محاسبه عوامل و فراسنج‌های لازم در دوره دسامبر ۲۰۰۴ تا آوریل

۱ـ دانشیار گروه جغرافیا دانشگاه محقق اردبیلی. Email:nazmfar@uma.ac.ir
۲ـ دانشجوی دکتری جغرافیا طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی. Email:moradimasood@ymail.com

www.SID.ir

Archive of SID

۲۰۰۵ (آذر ماه ۱۳۸۳تا فروردین ماه ۱۳۸۴) صورت گرفته است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که مدل رواناب- ذوب برف قادر به شبیه‌سازی رواناب با ضریب تبیین ۵۲ درصد و تفاضل حجمی ۲۳/۲ است. ضریب تبیین و تفاضل حجمی به‌دست آمده دقت متوسط مدل را در شبیه‌سازی رواناب ناشی از ذوب برف در حوضه نشان می‌دهد که می‌تواند ناشی از خصوصیات فیزیکی حوضه باشد. در کل نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که با توجه با این‌که مدل SRM برای حوضه‌های کوهستانی طراحی شده است در منطقه مورد مطالعه که تلفیقی از دشت و کوهستان است به دلیل تأثیر عوامل دیگری مانند نفوذ به آب‌های زیرزمینی کارآیی پایین‌تری را نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: پوشش برف، مدل رواناب-ذوب برف، حوضه آبی دهگلان، شبیه‌سازی.

مقدمه

برفی کی 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 برفی کی از مهم‌ترین فعالیت‌های هیدرولوژیست‌ها به‌حساب می‌آید. ذوب برف تأمین‌کننده رطوبت خاک و ذخیره آب زیرزمینی و منابع آب دریاچه‌ها و رودخانه‌هاست و رواناب حاصل از آن در حوضه‌های کوهستانی و مرتفع عامل مهم و کنترل‌کننده رژیم جریان محسوب می‌شوند. رواناب ناشی از ذوب برف در آب‌دهی حداکثر لحظه‌ای و آبدهی سالیانه حوضه‌های کوهستانی و برف‌گیر مشارکت داشته و حدود یک سوم آب مورد نیاز بخش کشاورزی را در سرتاسر جهان تامین می‌کند (وظیفه دوست و همکاران، ۱۳۸۹: ۲). پوشش برف معرف میزان آب ذخیره شده است و لذا پایش مکانی و زمانی رواناب ناشی از ذوب برف از اهمیت بسیار بالایی در پیش‌بینی‌های هیدرولوژیکی و مدیریت منابع آب در این منطقه برخوردار است. جمع‌آوری اطلاعات در ارتباط با بارش برف محدود به ایستگاه‌های هواشناسی می‌باشد و تقریباً تمامی این ایستگاه‌ها در ارتفاعات پایین‌تر از ۲۰۰۰ متر مستقراند. این در حالی است که در ارتفاعات بالاتر بارش‌ها عمدتاً به‌صورت برف رخ می‌دهد. از این رو استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند راه‌گشا بوده و اطلاعات مفیدی در زمینه پوشش برفی در حوضه‌های کوهستانی به‌ویژه در ارتفاعات

www.SID.ir

Archive of SID

فاقد ایستگاه هواشناسی در اختیار قرار دهد. از این اطلاعات می‌توان در زمینه‌هایی همچون مدیریت منابع آب، سیستم‌های هشدار سیل، پیش‌بینی رواناب حاصل از ذوب برف و ... استفاده کرد. نقش عوامل طبیعی در تشکیل رواناب حاصل از ذوب برف و هم‌چنین محاسبه رواناب و روش پیش‌بینی آن در مناطق جنگلی و استپی (Barabanov & Panov, 2012: 216) در حوضه روخانه ولگا بررسی شده است. هم‌چنین در کاری مشابه تشکیل و پیش‌بینی سیلاب‌های بهاره در اثر ذوب برف در حوضه رودخانه‌های سیبری بررسی شده است (Burakova et al, 2010: 1329). از جمله تحقیقات دیگر می‌توان به کارهای (Brubaker et al, 1996: 421) در زمینه استفاده از داده‌های ورودی تابش در مدل SRM و کار (Shalamu et al, 2012:125) در بازبینی مدل رواناب–ذوب برف در تحقیقات انجام شده در این زمینه اشاره کرد.

حوضه‌های کوهستانی و ارتفاعات برفگیر در ایران با توجه به اهمیت فراوان منابع محدود آب در کشور مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است و در این زمینه تحقیقات متنوعی انجام شده است که به‌طور مختصر به پاره‌ای از آن‌ها اشاره می‌شود (نجفی ایگدیر و همکاران، ۱۳۸۶: ۱۷۸) رواناب حاصل از ذوب برف را با استفاده از سنجش از دو رو سیستم اطلاعات جغرافیایی در حوضه شهر چائی ارومیه، شبیه‌سازی کردند. در این بررسی داده‌ها و پارامترهای مذکور به‌صورت روزانه و برای سال ۱۹۹۷-۱۹۹۶ وارد مدل شدند. به‌منظور ارزیابی دقت مدل مقادیر مشاهداتی و محاسباتی مقایسه شدند که شبیه‌سازی موفق و قابل قبول با ضریب تعیین برابر ۰/۸۱ و تفاضل حجمی برابر ۲/۷۵ به‌دست آمده است (بیرودیان و جندقی، ۱۳۸۴: ۱۸۲). رواناب حاصل از ذوب برف را در حوضه آبی زیارتمورد بررسی قرار دادند. ایشان اطلاعات ایستگاه هواشناسی، هیدرومتری و پوشش برف حوضه را در چهار رویداد مختلف در ماه‌های اسفند و فروردین به‌طور مستقیم تهیه و سپس با به‌کارگیری مدل، میزان دبی در روزهای مورد نظر را به‌دست آوردند. هم‌چنین میزان رواناب خالص ناشی از ذوب برف برآورد گردید. مقایسه رواناب مشاهده‌ای از اندازه‌گیری مستقیم و آب‌نمود موجود با رواناب برآورد شده از مدل SRM از طریق آزمون **t**، نشان داد که بین ارقام دو روش

www.SID.ir

Archive of SID

اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. حوضه آبی امیرآباد واقع در حوضه رودخانه ارومیه نیز با استفاده از مدل SRM شبیه سازی شده است (انصاری، ۱۳۸۳) نتایج به‌دست آمده تخمین قابل قبولی از ارتباط بین دما و بارندگی را در حوضه نشان می‌دهد (وظیفه‌دوست و همکاران ۱۳۸۹: ۱۵) در حوضه کوهستانی و سیل‌خیز پل‌رود از این مدل استفاده کردند و در مقایسه داده‌های شبیه‌سازی و اندازه‌گیری‌شده طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ به مقادیر همبستگی سالانه بین ۳۱ درصد تا ۷۰ درصد دست یافته‌اند. مقایسه نسخه درجه–روز با نسخه تابشی مدل SRM در همانـندسازی رواناب ناشی از ذوب بـرف در حوضه سـد امیرکبیر کرج (فتح‌الله‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۰۱) نشان‌دهنده افزایش همبستگی دبی‌های دیداری و همانندسازی‌شده در نسخه تابشی نسبت به نسخه کلاسیک است. در شبیه‌سازی رواناب حاصل از ذوب برف در حوضه کوهستانی بازفت (فـتاحی و وظیفه‌دوست، ۱۳۹۰: ۱۵۰) شبیه‌سازی مدل نتایج قابل قبولی با ضریب تبیین ۸۲٪ و تفاضل حجمی ۱۸/۹–٪ را نشان داده است. هم‌چنین در این زمینه می‌توان به کار تحقیقی (فتاحی و همکاران ۱۳۹۰: ۱۳۱) در برآورد دمای سطح برف و گستره پوشش برف با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS در حوضه‌های استان گلستان اشاره کرد. بررسی کاربرد نقشه‌های پوشش برفی حاصل از تصاویر ماهوارهای MODIS در مدل‌سازی رواناب–ذوب برف عنوان پژوهشی است که در حوضه آبی سد کرج صورت گرفته است (میربعقوب‌زاده و قنبرپور، ۱۳۸۹: ۵). بخش قابل توجهی از بارش‌ها در حوضه آبی دهگلان به‌صورت برف می‌باشد و در نتیجه آب حاصل از ذوب برف نقش مهمی را در ایـجاد رواناب‌های سطحی ایـفا می‌کند. هـدف این تحقیق، به‌کارگیری داده‌های ماهواره‌ای برای مشاهده تغییرات سطح پوشش برف و مدل‌سازی هیدرولوژیکی آن در تعیین رواناب ناشی از ذوب برف و مقایسه آن با مقادیر اندازه‌گیری شده در ایستگاه هیدرومتری حوضه است. بدین منظور سعی شده است تا با استفاده از مدل SRM و تصاویر سنجنده ماهوارهای MODIS برای شبیه‌سازی رواناب ناشی از ذوب برف در حوضه آبی دهگلان که بخشی از حوضه آبی قزل‌اوزن است استفاده شود. در این زمینه با توجه به این‌که حوضه مورد مطالعه از دو قسمت دشت مرتفع و کوهستان تشکیل شده

www.SID.ir

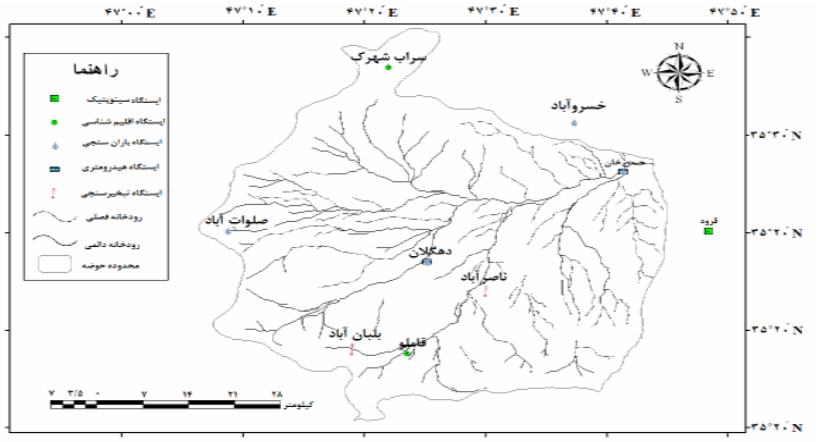
Archive of SID

است و کاربرد این مدل بیش‌تر در حوضه‌های کوهستانی بوده است، بررسی عملکرد مدل در این شرایط هدف دیگر این پژوهش می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

حوضه آبی دهگلان با مساحت ۲۸۷۰ کیلومتر مربع در جنوب شرقی استان کردستان قرار گرفته و از سرشاخه‌های رودخانه قزل‌اوزن در حوضه آبی دریای خزر است. این حوضه از دو قسمت کوهستان و دشت تشکیل شده است. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی حوضه را همراه با شبکه آبراهه‌ها و موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه نشان می‌دهد.



شکل (۱) موقعیت و نوع ایستگاه‌های هواشناسی در محدوده مورد مطالعه

در ابتدا به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیکی حوضه، مرز حوضه با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی در محیط GIS مشخص شد و سپس منحنی‌های میزان بر روی آن ترسیم گردید. سپس حوضه براساس تغییرات ارتفاع به ناحیه‌های ارتفاعی تقسیم و منحنی ارتفاع- سطح برای آن‌ها رسم گردید. پایین‌ترین ارتفاع در خروجی حوضه با ۱۷۳۴ متر و بالاترین نقطه حوضه در ارتفاعات شرقی ۳۲۲۳ متر از سطح دریا قرار دارد. میانگین ارتفاع در حوضه

www.SID.ir

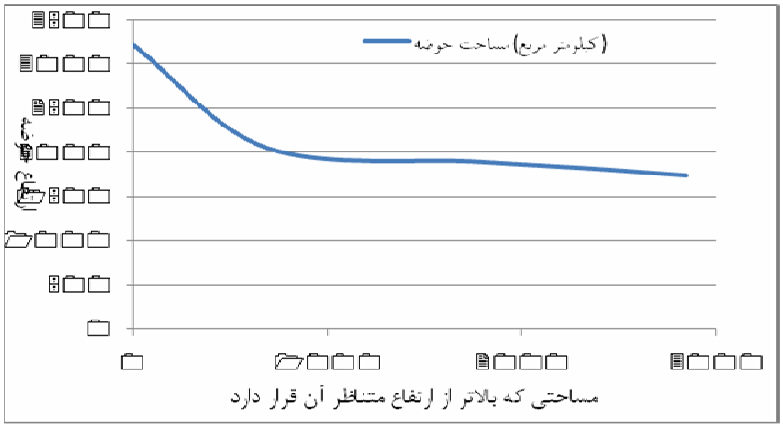
Archive of SID

۲۰۱۵ متر است. نحوه توزیع ارتفاع در حوزه در جدول (۱) و نمودار هیپسومتری حوضه در شکل(۲) مشخص شده است.

جدول (۱) توزیع ارتفاع در حوضه

ارتفاع(m)	مساحت بین دو خط تراز (km^2)	مساحتی از حوضه که بالاتر از ... قرار گرفته است	درصدی از مساحت حوضه که ارتفاعی بیش از ... دارند
۱۷۳۴	۴۷۴/۴	۲۸۴۹/۴	۱۰۰
۱۸۱۰	۶۱۳	۲۳۷۵	۸۳
۱۸۹۱	۱۰۶۶/۸	۱۷۶۲	۶۲
۲۰۴۳	۶۹۵/۲	۶۹۵/۲	۲۴
۳۲۲۳		۰	۰

نمودار هیپسومتری حوضه به‌خوبی نشان می‌دهد که قسمت عمده‌ای از مساحت حوزه در ارتفاعات پایین با شیب بسیار کم قرار داد. از ارتفاع ۲۰۰۰ متر به بالا روند افزایش ارتفاع نسبت به فاصله شدید می‌شود که نشان‌دهنده عبور از دشت و مناطق پایکوهی به کوهستان است. بنابرین محدوده مورد مطالعه از دو قسمت متفاوت شامل دشت و کوهستان تشکیل شده است.



شکل (۲) نمودار هیپسومتری حوضه

www.SID.ir

Archive of SID

- ساختار مدل رواناب ذوب برف

مدل SRM یک مدل هیدرولوژیکی، مفهومی و عینی بر اساس روش درجه-روز است این مدل به‌منظور شبیه‌سازی و پیش‌بینی جریان روزانه در حوضه‌های کوهستانی که مهم‌ترین عامل در تولید رواناب در این حوضه‌ها ذوب برف می‌باشد، طراحی شده است (Martinec et al, 2008: 30).

تولید تصاویر سطح پوشش برف از داده‌های سنجنده مودیس

الگوریتم‌هایی مختلفی در تولید نقشه‌های سطح پوشش برف مورد استفاده واقع شده و هر کدام از آن‌ها دارای دقت‌های متفاوتی در پیش‌بینی رواناب می‌باشند. یکی از مهم‌ترین این الگوریتم‌ها، الگوریتم SNOWMAP است که مجموعه‌ای از تولیدات پوشش برف را در سطوح مختلف از سنجنده مودیس ارائه می‌کنند (Hall et al, 2002: 185) این تولیدات توسط مرکز ملی یخ و برف (NSIDC) در مرکز توزیع و نگهداری داده (DAAC) تحت عناوین حداکثر سطح پوشش برف و داده‌های ۸ روزه سطح برف در دوره‌های روزانه و هشت روزه تولید می‌شوند و دارای دقت مکانی ۵۰۰ متر و ۱۰۰۰ متر می‌باشد. تولیدات داده‌های پوشش برف مودیس که توسط الگوریتم SNOWMAP تولید می‌شود، شامل تولیدات پوشش اولیه برف ($MOD(۱۰L_۲)$) تا تولیدات شبکه‌ای روزانه و ۸ روزه سطح پوشش برف با مقیاس جهانی ($MOD(۱۰L_۲)$) می‌باشند.

برای تولید داده‌های ۸ روزه برف از مودیس، هدف الگوریتم به حداکثر رساندن مقدار پیکسل‌های حاوی برف و به حداقل رساندن مقدار پیکسل‌های ابری می‌باشند. یک سلول زمانی که در طی ۸ روز پوشیده از ابر باشد به‌عنوان سلول ابری لحاظ می‌شود. اگر برف در هر یک از ۸ روز دیده شود، آن سلول در مجموعه داده حداکثر گستره برف ۳ به‌عنوان برف لحاظ می‌شود اگر هیچ برفی برای پیکسل دیده نشود، یک عدد صحیح منطبق با نوع آن سطح به آن پیکسل داده می‌شود.

3- Maximum snowextent

www.SID.ir

Archive of SID

ارزیابی دقت مدل

پارامترهای ارزیابی که توسط مدل جهت ارزیابی دقت جریان شبیه‌سازی شده مورد استفاده قرار می‌گیرد ضریب تبیین و تفاضل حجمی است که ضریب تبیین (R2) از طریق رابطه (۲) تعیین می‌گردد.

رابطه (۲)
$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Qi - Qi)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Qi - \overline{Q}i)^2}$$

که در آن:

Q_i رواناب خروجی روزانه اندازه‌گیری شده،

Q_i رواناب خروجی روزانه محاسبه شده،

$\overline{Q}_i$ میانگین خروجی در فصل یا سال مورد مطالعه و

N تعداد مقادیر روزانه خروجی است.

همچنین معیار تفاضل حجمی که اختلاف بین رواناب مشاهداتی و شبیه‌سازی شده را نشان می‌دهد نیز برای ارزیابی دقت مدل استفاده می‌شود که از طریق رابطه شماره (۳) محاسبه می‌گردد.

رابطه (۳)
$$D_V[\%] = \frac{V_R - V'_R}{V_R}$$

که در آن DV اختلاف بین رواناب مشاهداتی و شبیه‌سازی شده، V_R حجم رواناب اندازه‌گیری شده سالانه و $V'R$ حجم رواناب محاسبه شده سالانه می‌باشد.

یافته‌ها و بحث

در این پژوهش فرآیند شبیه‌سازی جریان حاصل از ذوب برف در حوضه آبی دهگلان با محاسبه عوامل و فراسنجهای مورد لزوم در دوره دسامبر ۲۰۰۴ تا آوریل ۲۰۰۵ (آذر ماه

www.SID.ir

Archive of SID

۱۳۸۳ تا فروردین ماه ۱۳۸۴) انجام شده است که نتیجه حاصل از این شبیه‌سازی به‌صورت گرافیکی در شکل (۴) آمده است. هم‌چنان که در این شکل مشاهده می‌شود از ابتدای دوره آماری مورد بررسی تا اوایل ماه مارس میزان رواناب محاسبه شده توسط مدل به مقادیر اندازه‌گیری شده بسیار نزدیک است. در اوخر زمستان و اوایل بهار (ماه‌های مارس و آوریل) مقادیر محاسبه‌ای بیش‌تر از مقادیر اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد. سپس با کاهش مجدد میزان رواناب در حوضه این دو مقدار به هم نزدیک می‌شوند. یعنی با افزایش مقادیر جریان روزانه دقت مدل در شبیه‌سازی جریان کاهش می‌یابد.

حوضه آبی دهگلان در طبقه‌بندی مدل SRM در زمره حوضه‌های بزرگ مقیاس است هم‌چنین همان‌گونه که پیش از این اشاره شد این حوضه کاملاً کوهستانی نبوده و شامل یک دشت مرتفع با کوهستان‌های محصور کننده در اطراف است. در چنین شرایطی تأثیر عواملی نظیرتغییرات سطح ایستابی، پوشش گیاهی، جنس خاک و غیره (Martinec et al 2008, 45) می‌تواند روی میزان رواناب ناشی از ذوب برف و در نتیجه برآورد مدل تأثیر داشته باشد. پارامترهای ارزیابی که توسط مدل جهت ارزیابی دقت جریان شبیه‌سازی مورد استفاده قرار گرفته است، ضریب تبیین و تفاضل حجمی است. این مقادیر در دوره شبیه‌سازی به‌ترتیب ۵۲٪ و ۲۳/۲٪ به‌دست آمده است. علی‌رغم این نتیجه نامطلوب شبیه‌سازی انجام شده می‌تواند در مدیریت آب در حوضه مورد مطالعه کاربرد داشته باشد زیرا توانسته مقادیر اوج در ماه مارس را شبیه‌سازی نماید. البته رواناب محاسبه شده توسط مدل رواناب–ذوب برف با یک زودبرآوردی همراه است. با توجه به تأثیر قابل ملاحظه‌ی عامل درجه–روز در شبیه‌سازی مدل (Martinec et al, 2008: 31) و روند افزایشی آن در ماه مارس به‌ویژه در طبقات ارتفاعی پایین (شکل ۴) که مساحت قابل توجهی از حوضه را نیز شامل می‌شود بنابرین مدل رواناب–ذوب برف مقادیر بالاتری از رواناب سطحی را در خروجی حوضه شبیه‌سازی کرده است. اما در این رابطه باید به این نکته توجه داشت که حوضه آبی دهگلان کاملاً کوهستانی نبوده و بخش عمده آن یک دشت مرتفع آبرفتی است (مشاوران سنجش از دور، ۱۳۸۲) که قابلیت بالایی در نفوذ جریانات سطحی دارد. این عامل می‌تواند بر مقدار و زمان اوج رواناب را در حوضه مورد مطالعه تأثیر بسزایی داشته باشد. در

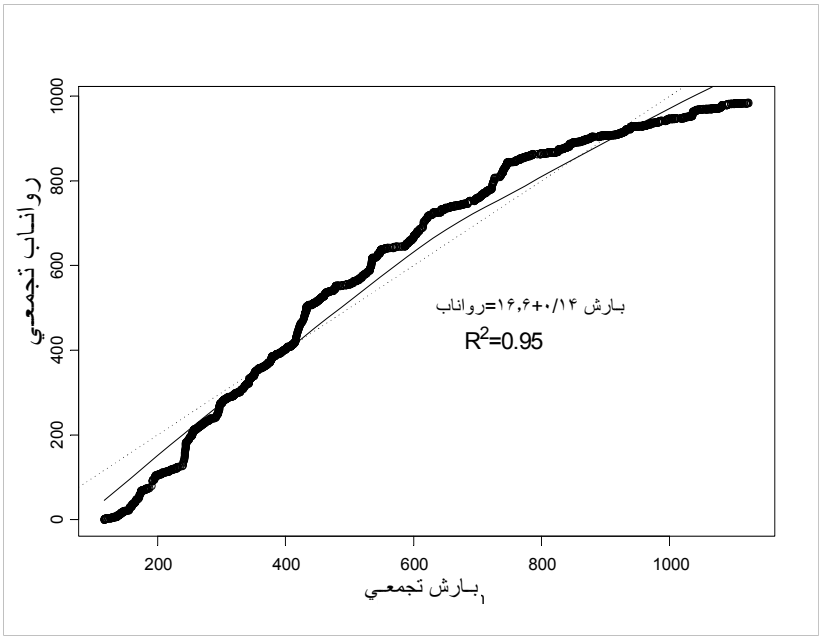
www.SID.ir

Archive of SID

این رابطه و به‌منظور بررسی نسبت جریانات سطحی خروجی از حوضه به بارش، همبستگی مقادیر تجمعی این دو فراسنج در مقیاس زمانی روزانه محاسبه شده است. شکل (۳) رابطه این دو را در خروجی حوضه نشان می‌دهد. معادله خط هم‌بستگی مقادیر بارش و رواناب به صورت زیر به‌دست آمده است:

رابطه (۴) رواناب=۱۶/۶ + ۰/۱۴ بارش

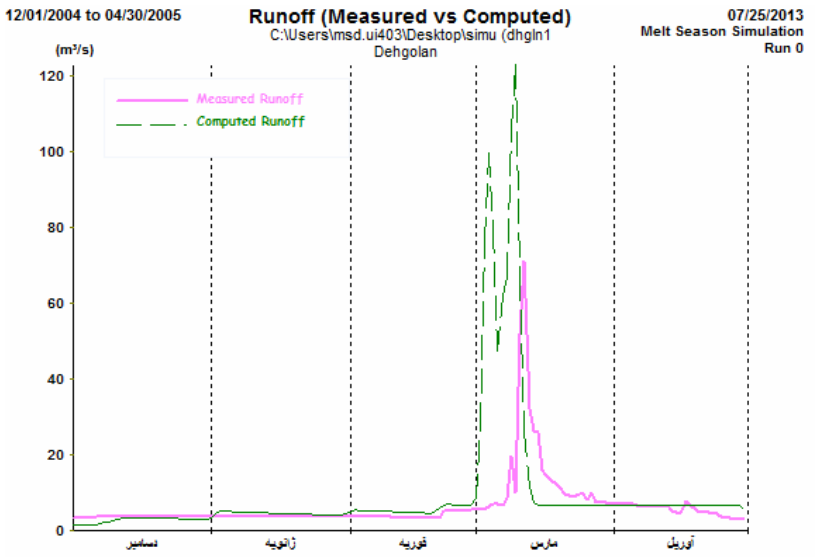
این رابطه نشان می‌دهد که در طول دوره آماری در سطح حوضه ۱۴٪ از میزان بارش دریافتی به‌صورت جریان سطحی از حوضه خارج شده است که نشان‌دهنده اثر عواملی چون نفوذ به جریانات زیرسطحی و زیرزمینی تبخیر است.



شکل (۳) رابطه بارش تجمعی روزانه و دبی متناظر با آن در خروجی حوضه

www.SID.ir

Archive of SID

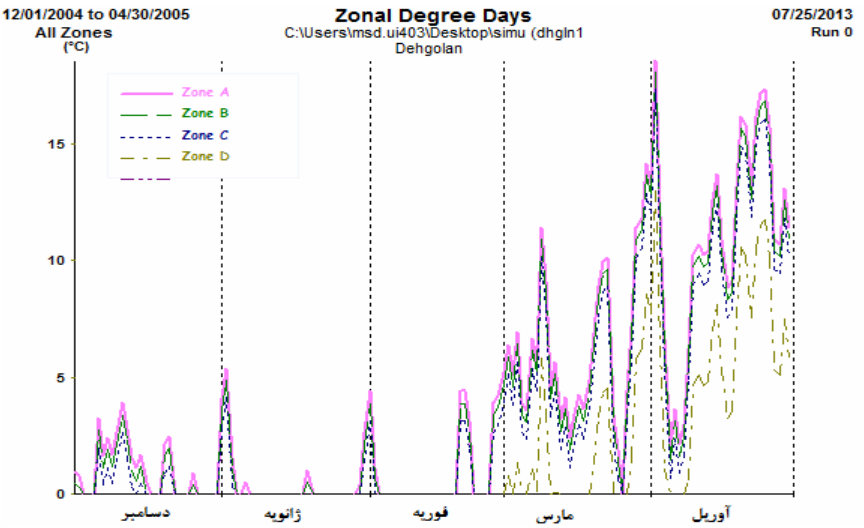


شکل (۳) نمودار گرافیکی رواناب اندازه‌گیری شده در مقابل رواناب محاسباتی

فاکتور درجه روز از پارامترهای بسیار موثر در شبیه‌سازی رواناب است. این پارامتر در ماه‌های مختلف متفاوت بوده و در برخی مواقع در اثر یک پیشامد، مانند بارش برف جدید، مقدار این پارامتر باید به‌صورت دستی اصلاح و وارد مدل گردد تا این‌که شرایط غیرعادی ذوب برف را نشان دهد. یکی از نمودارهای خروجی در مدل SRM نمودار درجه–روز منطقه‌ای است که با استفاده از اطلاعات هواشناسی و فیزیکی حوضه برای مناطق ارتفاعی تعیین شده محاسبه می‌گردد. شکل (۴) نمودار گرافیکی تغییرات زمانی درجه–روز حوضه را به تفکیک زون‌های ارتفاعی تعیین شده نشان می‌دهد. نکته قابل توجه افزایش قابل ملاحظه مقادیر درجه–روز در اواخر زمستان و اوایل بهار است که با مقادیر افزایشی رواناب در شکل (۳) همزمان بوده و روند افزایشی جریان سطحی را در این زمان از سال توجیه می‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID

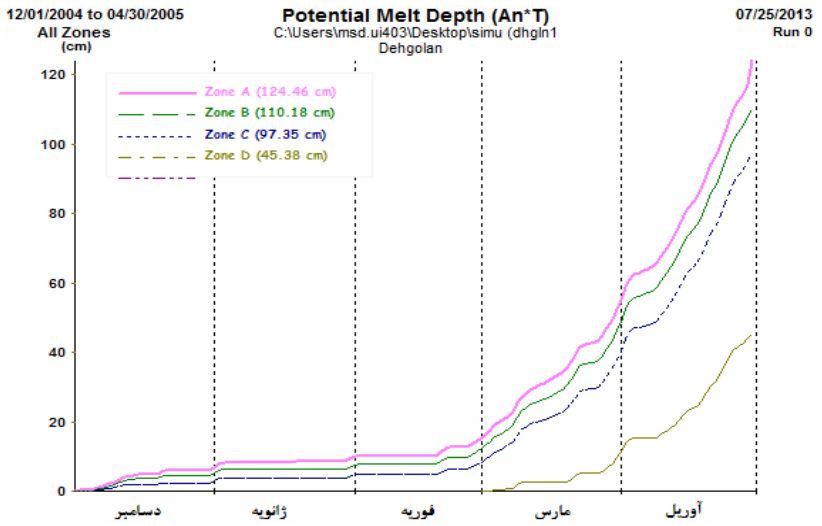


شکل (٤) تغییرات درجه–روز محاسباتی در زون‌های مختلف در طول دوره مورد بررسی

پتانسیل ذوب برف در حوضه یکی دیگر از خروجی‌های مدل می‌باشد که در شکل (۵) نشان داده شده است. این نمودار نشان‌دهنده عمق ذوب برف در صورت وجود برف برای ذوب در هر کدام از زون‌های ارتفاعی حوضه است. مقادیر پتانسیل عمق ذوب برف از حاصل‌ضرب عامل درجه–روز محاسبه شده در زون‌های ارتفاعی حوضه با دمای برون‌یابی شده در این زون‌ها به‌دست آمده است. شکل (۵) نشان می‌دهد که مقادیر پتانسیل ذوب برف از اوایل مارس افزایش یافته و تا پایان دوره ادامه دارد. مقایسه مقادیر این نمودار با مقادیر رواناب اندازه‌گیری شده در شکل (۳) رابطه مستقیم میان این دو را نشان می‌دهد به طوری که افزایش رواناب نتیجه افزایش پتانسیل ذوب برف در اثر افزایش دمای هوا است. اما پس از مدتی یعنی در اواسط ماه مارس در اثر کاهش ذخیره برف در حوضه رواناب سطحی نیز کاهش یافته و به مقادیر اولیه خود یعنی دبی پایه در حوضه بازمی‌گردد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۵) پتانسیل ذوب برف در حوضه طی دوره مورد بررسی

نتیجه‌گیری

چندین دهه است مدل رواناب–ذوب برف در حوضه‌های کوهستانی متعددی در دنیا با موفقیت استفاده می‌شود. این بررسی‌ها در زمینه‌هایی چون برآورد رواناب ناشی از ذوب، اثر تغییر اقلیم بر رواناب در حوضه‌های برفی، برآورد تابشی درجه–روز در فرآیند ذوب برف و یا مقایسه الگوریتم‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به‌عنوان یکی از داده‌های ورودی به مدل رواناب–ذوب برف انجام شده است. عمده‌ی پژوهش‌های انجام شده به‌ویژه در داخل کشور در زمینه برآورد کارآیی مدل در یک حوضه آبی است. تفاوت عمده پژوهش حاضر نسبت به کارهای مشابه محاسبه رواناب حاصل از ذوب برف برای حوضه‌ای متشکل از دو قسمت کوهستان مرتفع و دشت مرتفع است. هم‌چنین حوضه آبی دهگلان در تقسیمات اندازه حوضه‌های مورد بررسی با مدل رواناب–ذوب برف در زمره حوضه‌های بزرگ مقیاس قرار دارد. با این شرایط نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تنوع خصوصیات فیزیکی حوضه و بزرگی آن بر دقت نتایج مدل تأثیر دارد و برای دستیابی به نتایج بهتر باید سایر متغیرهای

www.SID.ir

Archive of SID

مؤثر در رواناب ناشی از ذوب برف لحاظ گردد.روند کلی شبیه‌سازی رواناب حاصل از ذوب برف در حوضه آبی دهگلان نشان می‌دهد که مدل SRM قادر به شبیه‌سازی رواناب حاصل از ذوب برف در حوضه می‌باشد.ضریب تبیین و تفاضل حجمی به‌دست آمده دقت متوسط مدل را در شبیه‌سازی رواناب ناشی از ذوب برف در حوضه نشان می‌دهد. همان‌طور که قبلاً اشاره شد حوضه آبی دهگلان شامل دو قسمت کوهستان و دشت است در نتیجه این شرایط خاص و نیز به‌دلیل بزرگی مساحت حوضه مقادیر حداکثر رواناب شبیه‌سازی شده توسط مدل بیش‌تر از مقادیر اندازه‌گیری شده محاسبه شده است. کاهش شیب حوضه و افزایش ضریب نفوذ رواناب سبب کاهش رواناب خروجی از حوضه در اثر ذوب برف نسبت به حوضه‌های کوهستانی می‌شود همچنین وجود سفره آب زیرزمینی قابل توجه در حوضه و ارتباط آن با آب‌های سطحی در میزان رواناب خروجی حوضه تأثیر می‌گذارد و می‌تواند دلیل عمده کاهش ضریب تبیین و افزایش تفاضل حجمی در حوضه باشد.بنابرین برای افزایش دقت شبیه‌سازی رواناب ناشی از ذوب برف در حوضه آبی دهگلان و حوضه‌های مشابه لازم است اطلاعات کامل‌تری از خصوصیات حوضه استفاده شود که در این زمینه می‌توان به این موارد اشاره کرد: الف) افزایش تفکیک زمانی تصاویر ماهواره از هشت به یک روزه. ب) استفاده از داده‌های با دوره زمانی طولانی‌تر. ج) بکارگیری داده‌های کامل‌تر از خصوصیات فیزیکی حوضه مانند ضریب نفوذ در سطح حوضه، که لازم به ذکر است مورد آخر را نمی‌توان با مدل رواناب–ذوب برف محاسبه کرد و به‌عنوان ضعف این مدل در شرایط موجود در این پژوهش مورد توجه است.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

- انصاری، صابر؛ نجفی، احمد؛ خلیلی، کیوان؛ خوشبخت، مهدی (۱۳۸۳)، «بررسی رواناب حاصل از ذوب برف با استفاده از مدل‌سازی SRM»، دومین کنفرانس ملی دانشجویی منابع آب و خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، شیراز.
- بیرودیان، نادر؛ جندقی، نادر (۱۳۸۴)، «برآورد رواناب ذوب برف به‌وسیله مدل اس.آر.ام و مقایسه نتایج آن با اطلاعات آبنمود رودخانه در آبخیز زیارت»، ***مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی***، شماره ۱۲، صص ۱۸۱-۱۸۸.
- فتاحی، ابراهیم؛ دلاور، مجید؛ قاسمی، الهه (۱۳۹۰)، «شبیه‌سازی رواناب ناشی از ذوب برف در حوضه‌های کوهستانی با استفاده از مدل SRM مطالعه موردی حوضه آبریزبازفت»، ***نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی***، شماره۲۳، صص ۱۲۹-۱۴۱.
- فتاحی، ابراهیم؛ وظیفه‌دوست، مجید (۱۳۹۰)، برآورد دمای سطح برف و گستره پوشش برف با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS (مطالعه موردی حوضه‌های استان گلستان)، ***فصلنامه تحقیقات جغرافیایی***، شماره پیاپی۱۰۲، صص ۱۷۴۰۳ -۱۷۴۲۳.
- فتح‌الله‌زاده، علی؛ مهدوی، محمد؛ بیلز، راجر؛ آبکار، علی‌اکبر؛ عسکری شیرازی، حسن (۱۳۸۸)، «ارزیابی مقایسه نسخه درجه روز و تابشی مدل SRM در همانندسازی رواناب ناشی از ذوب برف»، ***نشریه مرتع و آبخیزداری***، شماره ۱-۶۲، صص۱۱۰-۹۹.
- مشاوران سنجش از دور (۱۳۸۲)، «مطالعات تفصیلی-اجرایی آبخیزداری حوضه‌های آبخیز دهگلان (زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی)»، وزارت جهاد کشاورزی.
- میریعقوب‌زاده، میرحسین؛ قنبرپور، محمدرضا (۱۳۸۹)، «بررسی کاربرد نقشه‌های پوشش برفی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای MODIS در مدل‌سازی رواناب- ذوب برف (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سدکرج)، ***نشریه علوم زمین***، شماره۷۶، صص ۱۴۱-۱۴۸.
- نجفی ایگدیر؛ احمد، قدوسی؛ جمال، ثقفیان؛ بهرام، پرهمت جهانگیر (۱۳۸۶)، «برآورد رواناب ذوب برف با استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در حوضه شهر چائی ارومیه»، ***مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی***، شماره ۷۶، صص ۱۷۷-۱۸۵.

www.SID.ir

Archive of SID

- وظیفه‌دوست، مجید؛ سمیع‌پور، فاطمه؛ اشرف‌زاده، افشین؛ موسوی، سیدعلی (۱۳۸۹)، «تعیین سهم رواناب ناشی از ذوب برف در آورد رودخانه پل رود»، شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان-کمیته تحقیقات.

-Barabanov A.T., VI. (2012), "Panov, On the Prediction of Snowmelt Runoff on the Surface in Forest–Steppe and Steppe Zones", ***Arid Ecosystems***, No. 4, pp. 216–219.

-Brubaker, Kaye, Albert, Rango, William, Kustas, (1996), "Incorporating radiation inputs into the snowmelt runoff model", ***Hydrological processes***, No.10, pp 1329-1343.

-Burakova, D.A., O.I. Ivanova, (2010), "Analysis of Formation and Forecast of Spring Snowmelt Flood Runoff in Forest and Forest-steppe Basins of Siberian Rivers", ***Russian Meteorology and Hydrology***, Vol. 35, No. 6, pp. 421–431.

-Georgievsky, M.V, (2009), "Application of the Snowmelt Runoff modelin the Kuban river basin using MODISsatellite images", ***Environmental Research Letters***, No.4, pp1-5.

-Hall D.K., Riggs G.A., Salomonson V.V., DiGirolamo N.E. & Bayr K.J., MODIS (2002), "Snow-cover products", ***Remote Sensing of Environment***", No. 83, 181-194.

-Leavesley, G.H., Lichty, R.W., Troutman, B.M., & Saindon, L.G., (1983), "Precipitation-Runoff Modeling System: User's Manual", U.S, Geological Survey Water-Resources Investigations Report, No 83, pp1-207.

-Martinec, J., Rango, A., & Major, E. (1983), "The Snowmelt-runoff Model (SRM) User's Manual", 1, Washington, D.C. USA, NASA Reference Publications 1100.

-Martinec, J., (1975), "Snowmelt Runoff Model for Stream flow Forecasts", ***Nordic Hydrology***, No6, pp145–154.

-Martinec, J., and Rango, A., (1986), "Parameter values for snowmelt runoff modeling", ***Journal of Hydrology***, *No. 84,* pp. 197-219.

www.SID.ir

Archive of SID

-Martinec, J., A. Rango, R. Roberts, (2008), "Snowmelt Runoff Model (SRM) User's Manual", 7, New Mexico State University, U.S.A, New Mexico State University.

-Rango, A., and Roberts, R. (1987), "Snowmelt-runoff modeling in the microcomputer environment", Proceedings of the 55th Annual Western Snow Conference, Vancouver, B.C.

-Raleigh, Mark, (2009), "A Statistical Evaluation of a Snow Water Equivalent Reconstruction Method Using Three Snowmelt Models at Daily and Hourly Time Steps", Graduate School, University of Washington.

-Shalamu, ABUDU, Chun-liang CUI, Muattar SAYDI, James Phillip KING, (2012), "Application of snowmelt runoff model (SRM) in mountainous watersheds: A review", ***Water Science and Engineering***, No. 5, pp 123-136.

www.SID.ir