در
منابع طبیعی شماره ۷۶، پاییز ۱۳۸۶
پژوهش و سازندگی

برآورد رواناب ذوب برف با استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیائی در حوضه شهرچائی ارومیه

• **احمد نجفی ایگدیر**
عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی
• **جمال قدوسی**
عضو هیأت علمی، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری
• **بهرام ثقفیان**
عضو هیأت علمی، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری
• **جهانگیر پرهمت**
عضو هیأت علمی، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

تاریخ دریافت: بهمن ماه ۱۳۸۴ تاریخ پذیرش: مرداد ماه ۱۳۸۵

E-mail:ahmadnajafi2000@yahoo.com

چکیده

با توجه به اهمیت برف لازم است که رواناب حاصل از آن را برای استفاده بهینه پیش بینی نمود. برای رسیدن به این هدف مهم برآورد قابل قبول و منطقی از سطح پوشش برف حوضه‌ها و تغییرات آن در طول سال ضروری است، که تصاویر ماهواره ای اطلاعات لازم را بطور مطلوبی در دسترس قرار میدهد.در تحقیق حاضرسطح پوشش برف منطقه به عنوان مهمترین متغییر هیدرولوژیکی لازم با استفاده از تصاویر سنجیده NOAA ماهواره AVHRR استخراج گردید. سپس ازمد SRM (Snowmelt Runoff Modelling) برای محاسبه رواناب برف استفاده گردید. این مدل رواناب ذوب برف را با استفاده از پارامترهای هیدرولوژی، هواشناسی و وضعیت فیزیکی حوضه برآوردکرده و همراه با مقادیر مشاهداتی، به صورت نمودار و عددی ارائه می‌کند. در تحقیق حاضر داده‌ها و پارامترهای مذکور به صورت روزانه و برای سال (۹۷-۱۹۹۶) وارد مدل SRM شدند که مدل مذکور با آنالیز آن‌ها رواناب را محاسبه و به صورت نمودار همراه با رواناب مشاهداتی و عددی ارائه نمود. برای ارزیابی دقت مدل مقادیر مشاهداتی و محاسباتی مقایسه شدند که شبیه سازی موفق و قابل قبولی را نشان داد که در آن ضریب تعیین (R۲) برابر ۰/۸۱ و تفاضل حجمی (Dv) برابر ۲/۷۵ می‌باشد. مقادیر فوق دقت بالای مدل را در برآورد رواناب ذوب برف برای حوضه مذکور نشان میدهد که نشانگر قابلیت کاربرد مدل برای حوضه‌های دیگر منطقه می‌باشد.

کلمات کلیدی: ذوب برف، رواناب، مدل، پوشش برف، NOAA AVHRR، SRM

www.SID.ir

Pajouhesh & Sazandegi: No 76 pp: 177-185

Snowmelt runoff estimation by using RS & GIS (A case study in Shahar-chi watershed- Orumiyeh)

By: A. Najafi Eigdir. Scientific Board of Research Center of Agriculture and Natural Resources of West-Azerbijan. Iran
J. Ghodoosi. Scientific Boards of Soil Conservation and Watershed Management Research Center, Tehran. Iran.
B. Saghafian. Scientific Boards of Soil Conservation and Watershed Management Research Center, Tehran. Iran J.
Porhemmat. Scientific Boards of Soil Conservation and Watershed Management Research Center, Tehran. Iran.

With regards to snow importance it is necessary to predict the runoff for optimum use of the water. For this, snow cover area estimation of catchments and their variation during the year is necessary, that satellite images make available the necessary information desirably. In this study snow cover area extracted as the most important hydrological variation by using NOAA AVHRR images. Then the SRM model (Snowmelt Runoff Modelling) is used for runoff computation. The model computes the snowmelt runoff by using meteorology and hydrology parameters and physical characteristics of the catchment and shows the result as graph and numerically accompanied with measured runoff. In this study all mentioned data and parameters (daily) were entered the SRM model for the year (1996-97) that the model by analyzing them computed the runoff and produced it as graph and numerically accompanied with measured runoff. The model accuracy evaluated by comparison of two computed and measured runoff that the simulation was successful that the coeffcient of determination (R2) and volume difference (Dv) are 0.81 and 2.75%. the results shows the high accuracy of the model in computing snowmelt runoff for the study area that shows the capability of the model for the other catchments of the region.

Keywords: Snowmelt, Runoff, Model, Snow-cover, SRM, NOAA AVHRR

مقدمه

سنجش از دور و استفاده از اطلاعات ماهواره ای در چند دهه اخیر رشد سریع و چشمگیری یافته است که در رشته های مربوط به علوم زمین کاربرد وسیعی دارد. به خصوص در مواردی که اطلاعات زمینی وجود نداشته ویا به روز نبوده و تغییرات سریع را نشان نمی دهد میتوان از این اطلاعات بهره مند شد. با توجه به ضرورت و اهمیت برف به عنوان مهمترین منبع آبی مناطق کوهستانی، تصاویر ماهواره ای به خصوص تصاویر NOAA که اطلاعات روزانه را از زمین بدست می دهند ابزار ارزشمندی در بررسی سطح پوشش برف و تغییرات آن در طول زمان به حساب می آیند. استفاده از تصاویر ماهواره ای در کلیه مناطق جهان برای بررسی برف اهمیت خاصی پیدا کرده و تحقیقات مختلفی با استفاده از آن صورت گرفته و در حال انجام می باشد.

در تحقیق حاضر نیز با استفاده از تصاویر ماهواره **NOAA-AVHRR** اطلاعات سطح پوشش برف به صورت روزانه استخراج شده که در ترکیب با مدل SRM که یک مدل هیدرولوژیکی می باشد رواناب حاصل از ذوب برف برآورد و شبیه سازی شده است. برف حجم عظیمی از رواناب سالانه حوضه های کوهستانی را در شمال غرب ایران تشکیل می دهد که در طی بهار و تابستان ذوب شده و ایجاد رواناب میکند.

مدل SRM توسط Martinec در سال ۱۹۷۵ و نسخه های بعدی توسط Martinec و Rango تدوین گردیده اند که آخرین و کاملترین نسخه آن SRM ۴/۰۶ در سال ۲۰۰۰ تهیه گردیده است(۵،۴). مدل SRM در سال ۱۹۶۸ توسط سازمان جهانی هواشناسی برای شبیه سازی مورد آزمایش قرار گرفته است که در مقایسه با سایر مدل‌ها با داشتن حداقل خطا دقیقترین مدل برای شبیه سازی ذوب برف تشخیص داده شده است.

در سال ۱۹۷۳ ماهواره های NOAA و لندست تصاویر مرئی و مادون قرمز از پوشش برف را فراهم کرده و روشهای مختلفی نیز برای آنالیز داده‌ها برای تعیین سطح پوشش برف ارائه گردیده است (۶). تغییرات پوشش برف در کوهستان های سوئیس با استفاده از داده های NOAA-AVHRR در طی سال های آبی ۸۴-۱۹۸۳ و ۹۳-۱۹۹۲ توسط Baumgartner مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت(۱). همچنین درجه حرارت به عنوان یک متغیر اصلی در ذوب برف و مدل SRM توسط Richard و همکاران بررسی گردید(۱۰). آن‌ها رژیم رودخانه‌ها را در بیشتر حوضه‌های شمال آمریکا و کانادا با استفاده از رواناب ذوب برف بررسی کردند. برای ارزیابی رواناب از رابطه بین درجه حرارت محیط و مقادیر دبی مشاهداتی استفاده کرده و درجه حرارت یکی از ایستگاه‌ها را با استفاده از گرادیان حرارتی به کل حوضه آبخیز تعمیم دادند. هدف از این کار عبارت بود از امکان استفاده از مدل SRM در منطقه و روش تعمیم درجه حرارت از یک ایستگاه به کل حوضه و استفاده از مقادیر آن در مدل سازی رواناب ذوب برف.

مدل SRM جهت شبیه سازی رواناب ذوب برف همچنین در آلپ‌های سوئیس توسط Martinece و Seidal بکار گرفته شد و رواناب ذوب برف با استفاده از تصاویر Landsat، Spot و NOAA برای ۱۳ زیر حوضه محاسبه و پیش بینی شد و در تمام زیر حوضه‌ها مدل SRM قابلیت بالایی را در شبیه سازی نشان داد (۱۱).

هدف عمده تحقیق حاضر برآورد رواناب حاصل از ذوب برف با استفاده

Archive of SID
www.SID.ir

از مدل و بررسی قابلیت کاربرد مدل SRM در برآورد رواناب ذوب برف در منطقه مورد مطالعه می باشد. همچنین استفاده از تصاویر ماهواره NOAA در برآورد سطح تحت پوشش برف و بررسی تغییرات آن در طول زمان از اهداف دیگر تحقیق می باشد.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه (حوضه شهرچائی) یکی از زیرحوضه های مهم دریاچه ارومیه بوده که در شمال غرب ایران و در مرز بین ایران و ترکیه قرار گرفته است (شکل ۱). مساحت آن در حدود ۲۰۰/۸ کیلومتر مربع بوده که موقعیت آن بین ۲۰ و ۳۷ تا ۳۳ و ۳۷° عرض شمالی و ' ۳۵ و ۴۴° تا ۴۸ و ۴۴° طول شرقی می باشد. ارتفاع منطقه از ۱۵۱۳ متر از سطح دریا (حداقل) در خروجی حوضه تا ۳۵۹۵ متر (حداکثر) در مرز ایران و ترکیه تغییر می کند. متوسط بارش سالانه منطقه ۶۱۴/۹ میلیمتر بوده و دمای متوسط آن ۹/۷ درجه سانتیگراد می باشد. دبی جریان رودخانه (برده سور) با افزایش درجه حرارت و شروع ذوب برف افزایش یافته و از اواخر اردیبهشت شروع به کاهش می کند که متوسط سالانه آن ۵/۱۲ مترمکعب در ثانیه برآورد شده است.

مواد و روش‌ها

تهیه نقشه‌های پایه

در تحقیق حاضر ابتدا منطقه بر روی نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیائی ارتش مشخص شده و سپس منحنی های میزان ۱۰۰ متری پس از رقومی‌کردن در محیط GIS مدل رقومی ارتفاع DEM تهیه گردید. با استفاده از DEM لایه های شیب و جهت به ترتیب برای منطقه تهیه شدند. لایه های DEM و جهت از ابزارهای اصلی در تفسیر و تعیین خط برف به حساب می آیند که در تحقیق حاضر نیز از عوامل کلیدی می باشند. در استفاده از مدل رواناب ذوب برف تقسیم حوضه به مناطق مختلف ارتفاعی ضروری می باشد. بر این اساس با استفاده از نقشه DEM و منحنی ارتفاع- مساحت، حوضه به ۳ منطقه مختلف ارتفاعی تقسیم گردید. پایین‌ترین ارتفاع حوضه که در خروجی آن قرار گرفته در واقع پایین‌ترین حد منطقه می باشد (شکل۲). همچنین جدول ۱ ارتفاع متوسط هیپسومتریک و مساحت نواحی سه گانه را نشان می‌دهد.

جدول شماره۱: ارتفاع و مساحت نواحی سه گانه حوضه

ناحیه	طبقات ارتفاعی-متر	مساحت(کیلومتر مربع)	مساحت (درصد)
A	۱۵۲۵-۲۲۰۰	۵۹/۵۷	۲۹/۶۷
B	۲۲۰۰-۲۹۰۰	۱۱۵/۹۶	۵۷/۷۵
C	۲۹۰۰-۳۵۹۵	۲۵/۲۷	۱۲/۵۸
مجموع	۱۵۲۵-۳۵۹۵	۲۰۰/۸	۱۰۰

تعیین سطح پوشش برف با استفاده از تصاویر NOAA

برای منطقه مورد مطالعه تصاویر NOAA- AVHRR انتخاب و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و نرم افزار ILWIS مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفتند. به دلیل تغییر سطح پوشش برف در طول تحقیق (از اکتبر ۱۹۹۶ تا سپتامبر ۱۹۹۷) حدود ۱۵ تصویر به فواصل زمانی ۱۰ تا ۲۰ روزه انتخاب گردیدند و نقشه پوشش برف برای سه منطقه ارتفاعی تهیه گردید.

در شرایط آسمان صاف و بدون ابر تعیین سطح پوشش برف با استفاده از روش طبقه بندی طیفی در محیط نرم افزار ILWIS انجام شد، چون انعکاس برف در باند مرئی شدید می‌باشد که آن را از سایر عوارض زمین متمایز می‌سازد. درشرایط ابری که قسمت‌هایی از زمین و برف مشخص بود با استفاده از نقشه DEM خط برف در جهات مختلف تعیین و وارد مدل گردید، به این صورت که با تلفیق و رویهم اندازی باند مرئی تصویرNOAA و نقشه مدل ارتفاعی زمین (DEM) ارتفاع لبه پوشش برف در جهات مختلف شیب برداشته شد که بالاتر از آن نقطه به عنوان پوشش برف در نظر گرفته شد. بر این اساس پوشش برف ابتدا برای کل حوضه دریاچه و در مرحله دوم برای حوضه شهرچائی تعیین شد. (جدول۲) خط برف را برای زمان‌ها و جهات مختلف نشان می‌دهد. (شکل ۳)

برآورد منحنی‌های فروکش برف

شکل شماره۴ منحنی‌های فروکش برف را در مناطق مختلف ارتفاعی نشان میدهد. همانطور که از منحنی‌های فروکش مشخص است هر جا که درجه حرارت پائین است سطح پوشش برف تغییر نمی‌یابد. در ارتفاعات بالاتر ذوب برف دیرتر از ارتفاعات پائین صورت می‌گیرد و این با بررسی نمودار و منحنی‌های فروکش که برای طبقات مختلف ارتفاعی ترسیم شده اند مشخص می‌باشد. در نهایت برای هر منطقه ارتفاعی مساحت و درصد پوشش برف استخراج و وارد مدل گردیدند.

آنالیز هیدروگرافیکی داده‌های دبی ایستگاه میر آباد که در خروجی حوضه قرار گرفته است ۵۰٪ رواناب را ناشی از ذوب برف، ۲۹ درصد را جریان پایه و ۲۱ درصد را رواناب مستقیم حاصله از باران برآورد کرده است که شکل شماره ۵ به تفکیک آن را نشان میدهد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول شماره ۲: ارتفاع خط برف بر روی شیب و جهت‌های مختلف حوضه به متر (۹۷-۱۹۹۶)

ردیف	تصویر (تاریخ)	جنوب (متر)	شمال (متر)	غرب (متر)	شرق (متر)
۱	۹۶۱۰۲۰	۲۸۵۰	۲۶۵۰	۲۶۷۰	۲۳۰۰
۲	۹۶۱۱۲۰	۲۶۸۰	۲۳۴۰	۲۵۷۵	۲۰۳۰
۳	۹۶۱۲۳۰	۲۰۰۰	۱۹۰۰	۱۸۵۰	۱۶۵۰
۴	۹۷۰۱۲۵	۱۴۰۰	۱۳۰۰	۱۳۲۵	۱۳۲۰
۵	۹۷۰۱۲۷	۱۴۵۰	۱۳۲۵	۱۳۵۰	۱۴۰۰
۶	۹۷۰۲۰۲	۱۴۰۰	۱۲۸۵	۱۳۳۰	۱۳۰۰
۷	۹۷۰۲۱۵	۱۵۸۵	۱۳۶۰	۱۵۲۰	۱۳۵۰
۸	۹۷۰۳۰۲	۱۶۲۵	۱۴۳۰	۱۵۵۰	۱۴۰۰
۹	۹۷۰۳۱۰	۱۴۰۰	۱۲۷۵	۱۳۳۰	۱۲۷۰
۱۰	۹۷۰۳۱۵	۱۴۵۰	۱۴۰۰	۱۳۸۰	۱۳۲۰
۱۱	۹۷۰۳۳۱	۱۷۷۵	۱۵۶۰	۱۵۵۰	۱۴۵۰
۱۲	۹۷۰۴۲۹	۲۱۳۰	۲۱۰۰	۲۰۵۰	۱۹۲۰
۱۳	۹۷۰۵۱۲	۲۶۰۰	۲۵۰۰	۲۴۵۰	۲۱۰۰
۱۴	۹۷۰۵۲۵	۲۷۰۰	۲۵۵۰	۲۵۲۰	۲۳۰۰
۱۵	۹۷۰۷۲۸	۰	۰	۰	۰

اطلاعات ورودی مدل SRM

خصوصیات حوضه

حوضه و ناحیه‌های ارتفاعی

مرز حوضه با استفاده ا زنقشه‌های توپوگرافی تهیه شده و منحنی‌های میزان بر روی آن ترسیم می‌شود سپس حوضه بر اساس ارتفاع و سطح حوضه به ناحیه‌های ارتفاعی تقسیم شده و منحنی ارتفاع ـ سطح برای آن‌ها رسم گردیده و پارامترهای موثر در ذوب برف ناحیه در متوسط ارتفاع هیپسومتریک هر ناحیه محاسبه می‌شود. ارتفاع هیپسومتریک هر ناحیه h می‌تواند از روی منحنی هیپسومتریک تعیین شود و درجه حرارت ایستگاه مبنا به این ارتفاعات منتقل گردد. شکل شماره (۲) مناطق مختلف ارتفاعی را نشان می‌دهد.

متغیرها

درجه حرارت، T: بمنظور برآورد عمق ذوب برف روزانه تعداد درجه روزها باید تعیین گردد. در روش پیش بینی دبی، درجه حرارت باید پیش بینی گردد. درجه حرارت به صورت متوسط یا حداکثر و حداقل بکار می‌رود و بوسیله گرادیان درجه حرارت به متوسط ارتفاع هیپسومتریک منتقل می‌گردد.

زمانیکه مقدار درجه – روز $[T+\Delta T]$ منفی شود مقدار آن به طور اتوماتیک به صفر تبدیل می‌گردد. بنابراین در درجه حرارت‌های منفی ذوب برف محاسبه نمی‌گردد.

بارش، P

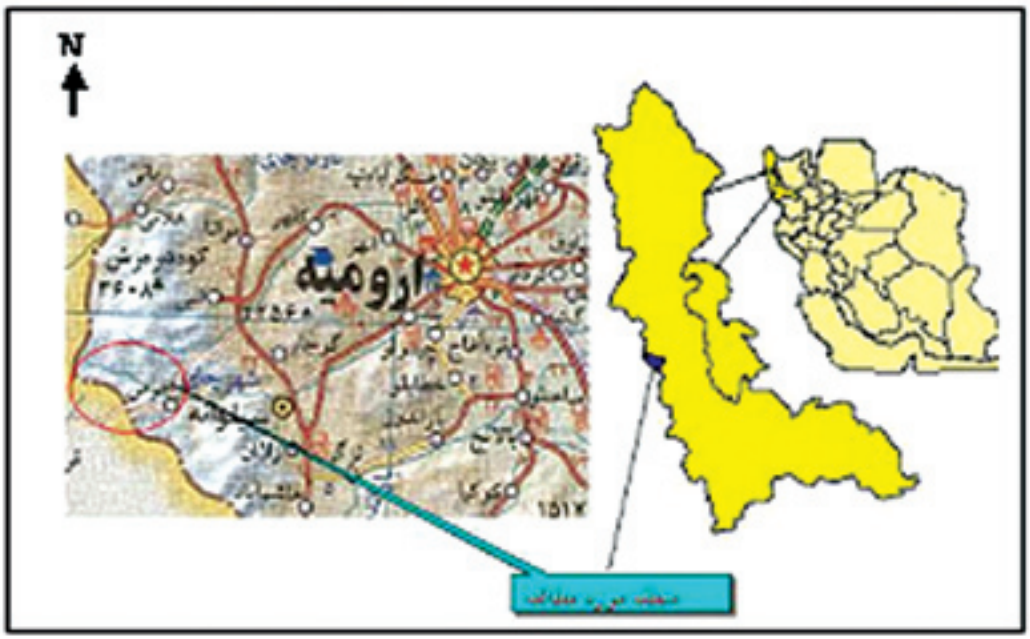
ارزیابی و برآورد مقدار بارش در حوضه‌های کوهستانی معمولاً با مشکلات و محدودیت‌هایی مواجه است و مقدار کمی بارش از طریق پیش بینی به ندرت برآورد صحیحی را بدست میدهد ولی با توجه به غالب بودن برف نسبت به باران در حوضه‌های کوهستانی روش‌هایی نیز برای محاسبه رواناب حاصل از آن وجود دارد. عمدتاً ذوب برف در اثر بارش باران در ارتفاعات حوضه‌ها بیشتر می‌شود و اوج رواناب مربوط به مواقعی است که باران شدید بر روی حوضه ببارد. در صورت عدم ایستگاه باران‌سنجی در ارتفاعات داده‌های بارش با استفاده از برون‌یابی به متوسط ارتفاع هیپسومتریک ارتفاعات ناحیه‌های مربوطه توسط یک گرادیان ارتفاعی منتقل می‌شود.

سطح پوشش برف، S

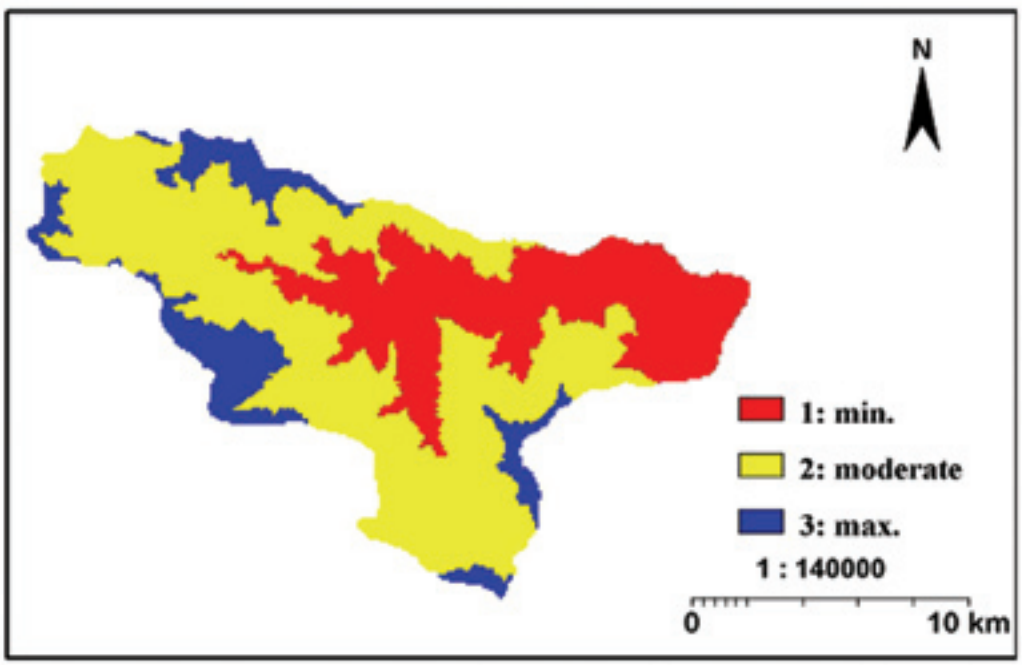
مقدار سطح پوشیده از برف به کل سطح را نسبت پوشش برف می‌نامند. سطح پوشش برف در فصل ذوب به تدریج کاهش پیدا می‌کند. منحنی‌های پوشش برف می‌تواند از نقشه‌های پوشش برف درون‌یابی گردد. مقادیر روزانه پوشش برف از متغیرهای مهم ورودی به مدل SRM می‌باشد. در این تحقیق سطح پوشش برف با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای NOAA برای سال ۹۷-۱۹۹۶ با استفاده از GIS و در محیط ILWIS برآورد شده است (برای اطلاع بیشتر از نحوه تعیین سطح پوشش برف به بند(۳-۲) مراجعه شود)(شکل شماره ۶).

Archive

www.SID.ir

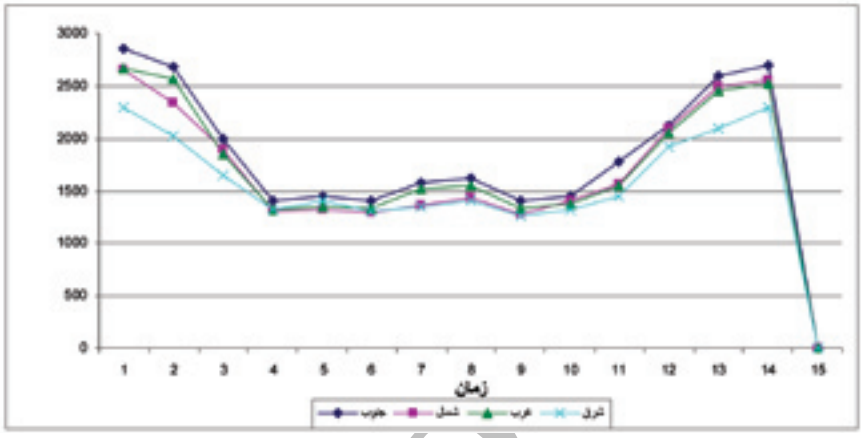


شکل شماره (۱) نقشه منطقه مورد مطالعه

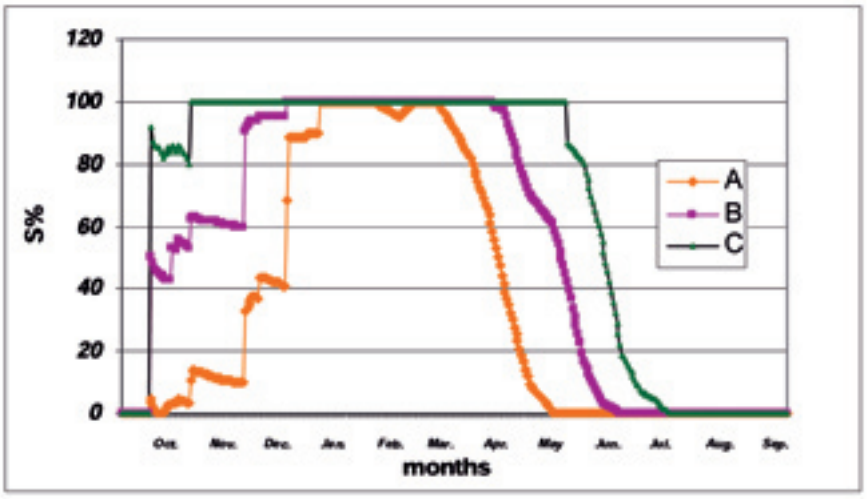


شکل شماره (۲) ناحیه‌های ارتفاعی منطقه مورد مطالعه

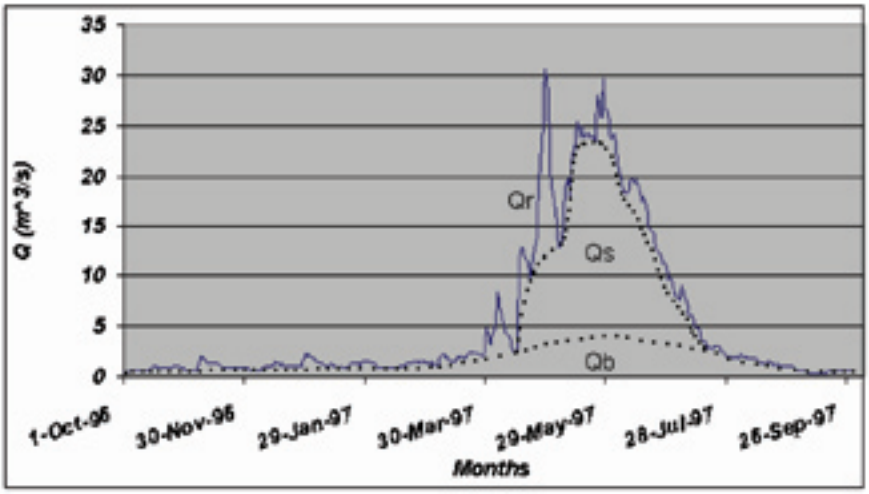
www.SID.ir



شکل شماره (۳): منحنی تغییرات خط برف در جهات مختلف شیب حوضه



شکل(۴) تفکیک جریان دبی روزانه حوضه ۹۷-۱۹۹۶ (جریان پایه= Qb , ذوب برف=Qs , دبی باران= Qr



شکل شماره (۵) منحنی های فروکش پوشش برف برای سه ناحیه ارتفاعی حوضه (۹۷-۱۹۹۶)

پارامترهای مدل

ضریب رواناب, C

ضریب رواناب به نسبت رواناب اندازه‌گیری شده به بارش اندازه‌گیری شده گفته می‌شود. این ضریب به دلیل کمبود بارش برف و ناکافی بودن داده‌ها در ارتفاعات به آسانی بدست نمی‌آید. در ابتدای فصل ذوب برف تلفات خیلی کم بوده و در مراحل بعدی زمانیکه خاک بدون محافظ (برف) باشد در اثر رشد گیاهان تلفات به علت تبخیر و تعرق, گیرش برگاب و نفوذ بیشتر می‌باشد. در اواخر فصل ذوب برف ممکن است جریان مستقیم آبراهه‌ای ناشی از قطعات برف و باقیمانده توده‌های متشکل از برف آبدار در بعضی از حوضه‌ها رایج باشد که در اینصورت تلفات کاهش یافته و ضریب رواناب افزایش پیدا می‌یابد. علاوه بر این ضریب رواناب برف و باران متفاوت می‌باشند و در برنامهٔ کامپیوتری مقدار ضریب رواناب برف (CS) و ضریب رواناب باران (CR) از یکدیگر تفکیک شده‌اند(۵).

فاکتور درجه – روز a

یک درجه روز به صورت مقدار عمق ذوب شده به تعداد درجه – روز تعریف می‌شود و به شکل رابطه ۱- بیان می‌گردد (۵)

$$M = T.a$$ رابطه (۱)

M: مقدار ذوب (Cm)

a: فاکتور درجه روز

T: تعداد درجه روز

مقدار فاکتور درجه – روز را می‌توان با محاسبه نسبت کاهش آب معادل برف به درجه روز اندازه‌گیری شده بدست آورد و این اندازه‌گیری می‌تواند بوسیله بالشتک برفی یا لیسیمتر و اندازه‌گیری‌های رادیواکتیو برف بدست آید.

در صورت نبودن داده, فاکتور درجه روز می‌تواند با استفاده از رابطه تجربی رابطه-۲ بدست آید:

$$a = 1.1\frac{\rho_s}{\rho_w}$$ رابطه (۲)

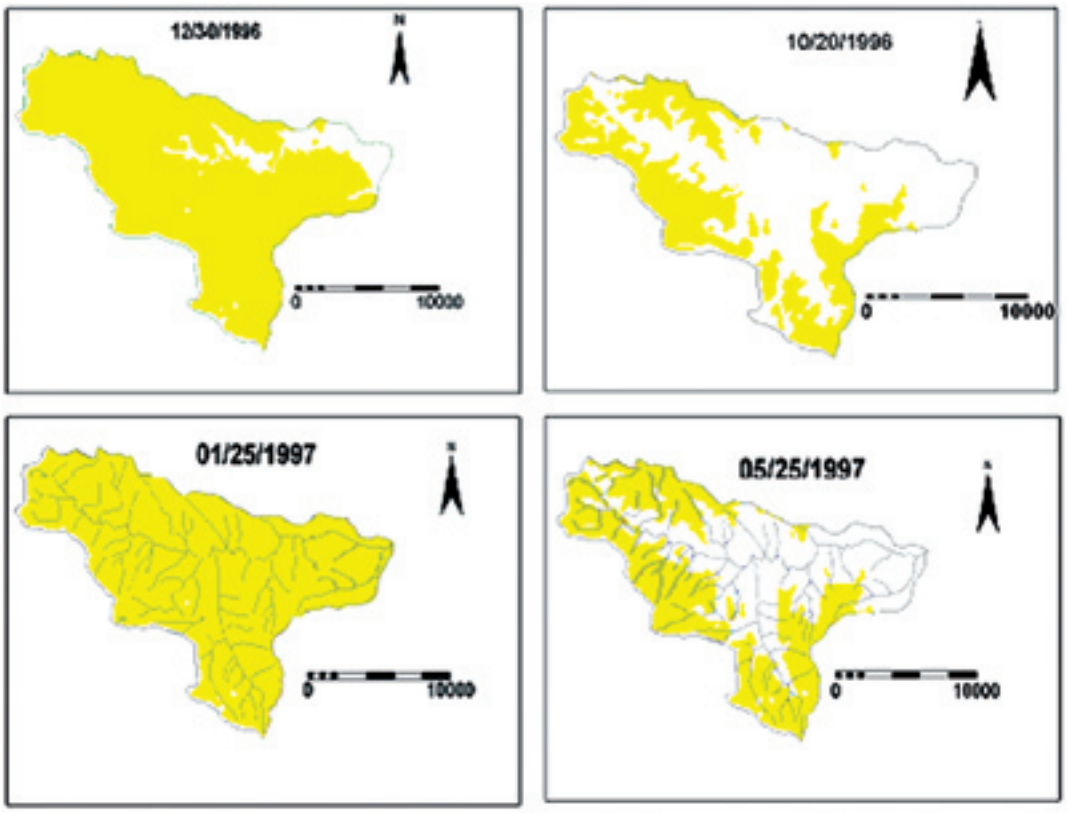
فاکتور درجه روز ($Cm.C^{-1}.d^{-1}$)

ρ_s چگالی برف

ρ_w : چگالی آب

در بعضی مواقع اثر یک پیشامد مانند بارش برف جدید مقدار a باید به صورت دستی اصلاح و وارد مدل گردد تا اینکه شرایط غیرعادی ذوب برف را نشان بدهد (۵)

www.SID.ir



شکل شماره ۶- تغییرات پوشش برف در روی حوضه در طول سال (۹۷-۱۹۹۶)

گرادیان درجه حرارت

گرادیـان درجه حرارت بـرای انتقال درجه حرارت از ایسـتگاه مبنا به متوسـط ارتفاع هیپسـومتریک حوضه یـا هریک از ناحیه‌ها بـکار می‌رود. گرادیـان درجه حـرارت در مدل به صورت ۱۵ روزه (در صـورت لزوم یک روزه) و حتی به صورت تغییرات فصلی به کار گرفته می‌شود (۵).

درجه حرارت بحرانی TCRIT

درجه حرارت بحرانی برای تعیین باران یا برف بودن بارش اندازه‌گیری شـده یا پیش‌بینی شده به کار می‌رود. اگر $T>T_{CRIT}$ باشـد تأثیر بارش در رواناب فوری بوده، بارش به صورت باران در صورتی که $T<T_{CRIT}$ باشد بارش به صورت برف بوده و روی هم انباشته شده و تأثیر آن در رواناب به صورت تأخیری می‌باشـد. در این حالت مدل SRM بـارش برف جدید را به عنوان ذخیره نگه میدارد تا روزهای گرم بعدی ذوب شود(۵).

سطح شرکت‌کننده بارش R.C.A[۲]

زمانیکه بارش به صورت باران باشـد دو نوع رفتار قابل بررسـی اسـت. در نوع اول باران بر روی برف پشته می‌بارد و در برف پشته نگهداری می‌شود.(برف خشک و عمیق باشد) و رواناب ناشی از باران فقط در سطوحی که فاقد پوشش برف می‌باشند اتفاق می‌افتد که گفته می‌شود عمق باران با نسبت سطح بدون پوشش برف به کل سـطح کاهش یافته است. در نوع دوم سطح پوشش برفی رسـیده و پرآب اسـت در این حالت اگر باران بر روی سـطح برف ببارد فرض می‌شـود که همان آب از برف پشـته خارج می‌گردد. بنابراین تمامی آب باران بدون دست‌خوردگی به رواناب حاصل از ذوب برف اضافه می‌گردد (۵). از تأثیر ذوب برف توسط باران صرف‌نظر می‌گردد. زیرا گرمائی که توسط باران به برف پشته انتقال می‌یابد بسیار کم می‌باشد.

ضریب فروکش، K

همانطورکه از معادله (۱) مشـاهده می‌شود, ضریب فروکش یک پارامتر بسیار مهمی در مدل SRM است زیرا (K=۱) قسمتی از ذوب روزانه می‌باشد که بلافاصله به رواناب اضافه می‌گردد. معمولاً آنالیز داده‌های دبی اندازه‌گیری شـده قبلی یک روش خوبی برای تعیین K است. در این روش مقادیر Q_n در مقابـل Q_{n+1} (در مواقعی که هیدروگراف جریان در حالت فروکش می‌باشـد) رسـم می‌گردد. باید توجه داشت که K ثابت نیست و با کاهش دبی مقدار K افزایش می‌یابد. بنابراین روابط ۴و۵ ارائه شده است (۵)

رابطه (۳)
$$K_{n+1} = X.Q_n^{-y}$$

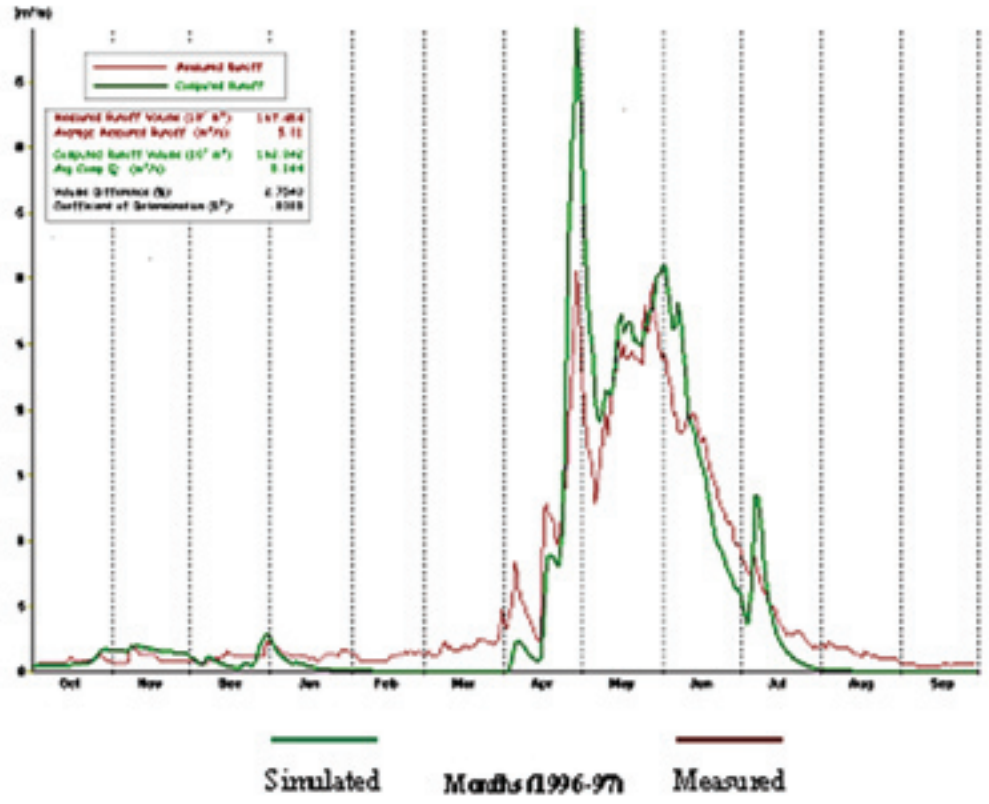
که x و y با حل معادلات زیر برای حوضه قابل تعیین است:

رابطه (۴)
$$K_2 = X.Q_2^{-y} \quad K_1 = X.Q_1^{-y}$$

رابطه (۵)
$$Logk_1 = Logx - yLogQ_1$$
$$Logk_2 = Logx - yLogQ_2$$

Archive

www.SID.ir



شکل شماره (۷) شبیه‌سازی رواناب ذوب برف در حوضه و ایستگاه میرآباد (۹۷-۱۹۹۶)

و با حل روابط بالا در یک دستگاه معادلات مقدار x و y پیدا می‌گردد.

زمان تأخیر، L

خصوصیات نوسانات روزانه رواناب از طریق زمان تاخیر و بطور مستقیم از هیدروگراف جریان سال‌های گذشته می‌تواند تعیین گردد. اگر بطور مثال دبی هر روز در حوالی شب شروع به کاهش نماید, فروکش دبی در حدود شش ساعت از فروکش درجه حرارت تاخیر دارد. بنابراین رابطه‌ای بین درجه حرارت اندازه‌گیری شده در روز nام با دبی بین ساعت ۱۲ روز N ام تا ساعت ۱۲ روز n+۱ ام وجود خواهد داشت (۵).

زمان تأخیر مهمترین مبنای رابطه زمانی بین پارامترهای مختلف هیدرولوژیکی در مدل‌بندی و شبیه‌سازی حوضه‌ها می‌باشد. برای حوضهٔ میرآباد زمان تأخیر ۱/۸ ساعت می‌باشد که به روش SCS محاسبه شده است. برای محاسبه زمان تأخیر، شیب متوسط و طول رودخانه اصلی از مهمترین پارامترها می‌باشند.

نتایج

شبیه‌سازی

شبیه‌سازی برای منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل رواناب ذوب برف (SRM) و برای دورهٔ (۹۷-۱۹۹۶) انجام گردید (شکل۷). داده‌های درجه حرارت و باران از ایستگاه میرآباد که در خروجی حوضه قرار گرفته وارد مدل گردید که از نظر موقعیت و دقت آماری مورد تأیید و اهمیت می‌باشد. همانطور که از شکل گراف‌ها پیداست شبیه‌سازی قابل قبول بوده و رواناب ذوب برف مهمترین ذخیره آبی منطقه می‌باشد که قسمت اصلی جریان رودخانه را در طول سال نشان میدهد. با توجه به اینکه در تابستان و فصل خشک برف قابل توجهی در حوضه وجود ندارد منحنی محاسبه شده در زیر منحنی اندازه‌گیری شده قرار گرفته و همچنین در دوره سرد سال مخصوصاً در فوریه و مارس هیچ ذوبی صورت نمی‌گیرد که نشانگر پایین بودن درجه حرارت و درجه- روز می‌باشد.

ارزیابی دقت مدل

مدل SRM شامل نمودارهائی از هیدروگراف رواناب محاسبه شده و اندازه‌گیری شده می‌باشد. با استفاده از این نمودارها می‌توان نتیجه گرفت که شبیه‌سازی ناقص بوده و یا درست است. SRM از دو معیار دقت شامل ضریب تعیین R^2 و تفاضل حجمی D_V استفاده می‌کند(۵). برای حوضهٔ مورد مطالعه R^2 برابر ۰/۸۱ و D_V برابر ۲/۷۵٪ می‌باشد. جدول شماره (۳) نتایج شبیه‌سازی را نشان میدهد.

نتیجه‌گیری

۱ - مدل SRM ابزار مناسبی برای محاسبه رواناب برف حوضه های کوهستانی با استفاده از داده‌های هواشناسی و سنجش از دور می‌باشد که در آن هیچگونه آمار و اطلاعاتی از وضعیت برف وجود ندارد.

Archive
www.SID.ir

۲ - در مناطق کوهستانی تصاویر ماهواره‌ای از پتانسیل بالایی برای تعیین سطح پوشش برف و تهیه نقشه آن به شمار می‌روند. تهیه اطلاعات از طریق ایجاد ایستگاههای برف‌سنجی نیاز به نصب تعداد زیادی اشل و ایستگاه می‌باشد که هزینه سنگین و وقت زیادی را می‌طلبد. از طرف دیگر وارد شدن به داخل حوضه در دوره بارش برف و حتی پس از آن تقریباً غیرممکن می‌باشد.

۳ - در طی ماه آویل (آخرین دهه)، می و ژوئن (اولین دهه) رواناب اندازه‌گیری شده کمتر از محاسبه شده می‌باشد که می‌تواند در اثر فعالیت‌های آبیاری داخل دره‌ها و تلفات ناشی از تبخیر و تعرق باشد.

۴ - برای مدیریت بهینه آب و توریسم زمستانی، تعیین شرایط برف حال و آینده حوضه و همچنین تغییرات رژیم جریان (به منظور پیش بینی مناسب رواناب ذوب برف)، میتواند با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای توسعه و گسترش یابد.

جدول شماره (۳) نتایج شبیه‌سازی رواناب ذوب برف برای ایستگاه میرآباد (۹۷-۱۹۹۶)

نتایج شبیه سازی	مشخصات آماری
۱۶۷/۴۵	حجم رواناب اندازه‌گیری شده $10^6 m^3$
۵/۳۱	متوسط رواناب اندازه‌گیری شده m^3/s
۱۶۲/۸۴	حجم رواناب محاسباتی $10^6 m^3$
۵/۱۶	متوسط رواناب محاسباتی m^3/s
۲/۷۵	تفاضل حجمی (٪)
۰/۸۱	ضریب تعیین (R^2)

پاورقی‌ها

1-Runoff Coefficient

2-Rainfall Contributing Area

منابع مورد استفاده

1. Baumgartner, M. F. and Rango, A. 1995; A microcomputer-based Alpine snow-cover analysis system (ASCAS). Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 61(12): 1475.1486.

2. Kotlyakov, V. M. and A. N. Krenke 1982; Investigation of the hydrological conditions of Alpine regions by glaciological methods. Hydrological conditions of Alpine regions by glaciological methods. Hydrological Aspects of Alpine and High Mountain Areas (Proc. Exeter Symposium), IAHS. 138: 31-42.

3. Martinec, J. 1960; The gegree-day factor for snowmelt runoff forcasting. IUGG General Assembly. Helsinki, IAHS. 51:468-477.

4.Martinec, J. 1975; Snowmelt-runoff model for stream flow forecasts. Nordic Hydrology 6(3):145-154.

5. Martinec, J. and A. Rango 1998; Snowmelt runoff mModel (SRM) user's manual. http://hydrolab.arsusda.gov/cgi-bin/srmhome.

6. Meier, M. J. and W. E. Evans 1975; Comparison of different methods for estimating snow cover in forested, mountainous basins using LANDSAT (ERTS) images. Operational Applications of satellite snow cover observations, SP-391:215-234.

7. Mirab, S. M. 1997; Study of snowmelt runoff and water balance in mountainous catchments , Enschede , ITC: 98

8. Oskouei , R.S.1997; Land- use compattibility , as index for assessing agricultural sustainability, using RS and GIS. ITC. Enschede:147.

9. Raschke, E. 1982; Satellite measurments of the radiation budget of the Earth.

10. Richard, C., D. J. Gratton, et al.2001; The importance of the air temperature variable for the snowmelt runoff modeling using the SRM. Hydrological Processes 18 (Eastern Snow Conference-Canadian Geophysical Union- Hydrological Section): 3357-3370.

11. Seidel, K., and Martinec, J. 2002; Hydrological applications of satellite snow cover mapping in the Swiss Alps. ETHZ CH 8092 Zürich/Switzerland.Lorperaestie et dipisci ex et, quis dolutat. Duisim in vullaortin ut wisi blaoreet iustrud tis niam nonse modo odo delit prat. Ut at wis dui tincipisl ilismodiam am

Archive of SID

www.SID.ir