

## بر آورد رواناب ذوب برف به وسیله مدل اس.آر.ام و مقایسه نتایج آن با اطلاعات آب نمود رودخانه در آبخیز زیارت

نادر بیرویدیان و نادر جندقی

اعضای هیات علمی دانشکده مرتع و آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
تاریخ دریافت: ۸۱/۱۱/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۸۴/۳/۲۴

### چکیده

به منظور تخمین رواناب حاصل از ذوب برف و بررسی دقت مدل‌های شبیه‌سازی در حوزه آبخیز برف‌گیر زیارت، مدل اس.آر.ام (شبیه‌سازی ذوب و رواناب) استفاده شد. اطلاعات ایستگاه هواشناسی، هیدرومتری و پوشش برف آبخیز در چهار رویداد مختلف در ماه‌های اسفند و فروردین به طور مستقیم تهیه و سپس با به کارگیری مدل، میزان دبی در روزهای مورد نظر به دست آمد. 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 اس.آر.ام از طریق آزمون (t) نشان می‌دهد که بین ارقام دو روش اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. نتایج بررسی مبین آن است که برای برآورد دبی و سیلاب‌های ناشی از ذوب برف می‌توان با اطمینان بیشتر از مدل یاد شده استفاده نمود. همچنین نتیجه‌گیری شد که عواملی چون شرایط فیزیکی حوزه، وجود اطلاعات هواشناسی و هیدرولوژی و دقت اطلاعات اولیه مدل، بسیار حائز اهمیت می‌باشند.

**واژه‌های کلیدی:** رواناب، ذوب برف، مدل‌سازی، آبنمود رودخانه، مدل اس.آر.ام

### مقدمه

سطحی و زیرزمینی به عنوان یک منبع پایدار و ثابت محسوب شده که ذوب تدریجی آن باعث تداوم جریان آب در رودخانه‌ها، چشمه‌ها و قنوات گشته و همچنین در فصول خشک سال نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. ذوب برف همواره تحت تاثیر عوامل متعددی است که از آن جمله می‌توان ارتفاع منطقه، شیب زمین، جهت شیب، تابش خورشید، عمق برف، بازتاب سطح برف، دما، سرعت باد، فشار بخار آب و بارندگی را نام برد. رسته مهندسی ارتش آمریکا (۱۹۷۸) در مطالعات مختلف اظهار داشته که رواناب ناشی از ذوب برف به عوامل مختلفی بستگی دارد که از جمله مهمترین آنها می‌توان به نوع برف (ساختمان، دما، ظرفیت گرمایی، آب معادل و عمق برف)، دمای هوا، بارش باران بر روی پوشش برف و شرایط زمین اشاره نمود.

بارش برف و انباشته شدن آن در حوزه‌های آبخیز به عنوان یک ذخیره آبی با ارزش محسوب شده لذا بررسی کمیت، کیفیت و ذوب آن از اهمیت زیادی برخوردار است. اطلاع داشتن از خصوصیات برف مانند تجمع، جابه‌جایی، ذوب، تبخیر، تصعید و رواناب ناشی از آن جهت برنامه‌ریزی و بهره‌برداری مناسب و به موقع، همواره مورد توجه خاص هیدرولوژیست‌ها و کارشناسان منابع طبیعی می‌باشد. برخلاف باران، ذخائر برف به دلیل سیکل کند هیدرولوژیکی از منابعی محسوب می‌شود که در فصول کم آبی می‌توان با اطمینان بیشتری جهت استفاده بهینه از آن برنامه‌ریزی کرده و محل مصرف ضروری آن را مشخص نمود. ریزش‌های جوی به صورت برف در سطح حوزه‌های آبخیز جهت تغذیه منابع آب‌های

افزایش رواناب با شدت زیاد، ریزش باران روی برف پشته‌ها بوده که اثر آن به مراتب بیشتر از تابش خورشید بوده است.

تاکنون مدل‌های مختلفی جهت تعیین و برآورد ذوب برف ارائه شده است. به‌طور کلی مدل‌ها، روابط ساده شده‌ای از کل سیستم می‌باشند که بیانگر واقعیت‌های موجود در آن سیستم هستند. استفاده از مدل‌های مختلف، زمینه را برای تعمیم اطلاعات و پیش‌بینی آینده فراهم می‌کند و به‌طور کلی هدف نهایی استفاده از مدل‌ها، تصمیم‌گیری صحیح و دقیق راجع به مسایل هیدرولوژیکی است (بون، ۲۰۰۱).

کولی و پالم (۱۹۹۷) برای برآورد میزان ذوب برف از مدل‌های ریاضی مختلفی استفاده نموده‌اند که در بین این مدل‌ها، فرمول‌های ساده متشکل از دما و فرمول‌های جامع متشکل از روش‌های توازن انرژی مشاهده می‌گردد. همچنین برای به دست آوردن اطلاعات واقعی ذوب برف، از وسایل سنجش از دور (دورسنجی) در ۶۰۰ نقطه واقع در یک آبخیز استفاده کرده‌اند. آنان معتقدند که مدل‌های توازن انرژی در برآورد میزان ذوب برف نسبت به سایر روش‌ها از اعتبار بیشتری برخوردار است. آنها همچنین نتیجه گرفته‌اند از آنجا که به دست آوردن اطلاعات واقعی ذوب برف به‌طور تجربی از نظر زمان و سرعت بسیار محدود می‌باشد، بنابراین نمی‌توان اطلاعات خروجی مدل‌ها را با مقدار واقعی مقایسه نمود.

یکی از مدل‌های رواناب ناشی از ذوب که به‌طور تجربی نیز آزمایش شده است، اولین بار توسط مارتینک (۱۹۷۵) ارائه گردیده و سپس توسط مارتینک و رنگو (۱۹۸۶) با موفقیت آزمایش شد، مدل اس.آر.ام<sup>۱</sup> یا مدل رواناب ذوب برف می‌باشد. این مدل برای پیش‌بینی جریان آب روزانه در یک حوزه آبخیز کوهستانی برف‌گیر شبیه‌سازی شده و مخصوص مناطقی است که آب حاصل از ذوب برف بخش اصلی جریان رودخانه را تشکیل می‌دهد. در مدل اس.آر.ام از شاخص درجه-روز استفاده می‌شود و ورودی اصلی آن طبقات ارتفاعی و درصد پوشش سطحی برف می‌باشد. این مدل برای آبخیزهای

داوار (۱۹۷۳) اظهار می‌دارد که "ذوب برف یک فرآیند ترمودینامیک است که می‌توان آن را به وسیله بیان انرژی بررسی کرد. پدیده ذوب برف عبارت است از تبدیل کریستال‌های یخ موجود در برف به آب مایع که در آن عوامل متعددی دخالت دارند که هر یک به نحوی در تبادل انرژی نقش ایفا می‌کنند".

بررسی انجام گرفته توسط کارشناسان وزارت کشور آمریکا (۱۹۷۵) جهت مقایسه درصد رواناب ناشی از ذوب برف در دو ناحیه کوه‌سری مرتفع فاقد درخت (آلباین) و جنگل نشان می‌دهد که اولاً، با افزایش عمق برف درصد رواناب نیز زیادتر می‌گردد، ولی رابطه آنها خطی نیست. ثانیاً، درصد رواناب در مناطق کوه‌سری مرتفع بیشتر از ناحیه جنگلی می‌باشد. این امر را می‌توان به دلایل زیر توجیه کرد:

- مناطق مرتفع به واسطه برودت هوا دارای تبخیر کمتر می‌باشند.

- خاک مناطق مرتفع دارای نفوذپذیری کمتری می‌باشد.

- در جنگل انبوه ربايش و اتلاف آب زیادتر است.

لینزلی و همکاران (۱۹۸۳) تغییرات هیدرولوژیک هر منطقه، خصوصاً تغییرات حالت برف مانند ذوب، تبخیر و بروز رواناب را، تابع مقدار انرژی گرمایی می‌دانند که در هوا وجود دارد. آنها از عامل دما به عنوان یک شاخص استفاده کرده و شاخص "درجه - روز" را مهمترین عامل آب و هوایی موثر می‌دانند. درجه - روز عبارت است از تعداد درجات دمایی که در یک روز بالاتر از مبنا یا نقطه ذوب برف باشد.

هال و مارتینک (۱۹۸۵) در یک حوزه آبخیز کوهستانی در اروپا با استفاده از شاخص درجه - روز میزان رواناب حاصل از ذوب برف را برآورد نموده و رابطه ریاضی آن را با میزان برف انباشته شده به دست آوردند.

بر اساس پژوهش‌های وید و کرکبراید (۱۹۹۸)، ذوب برف در ژانویه ۱۹۹۳ در شرق اسکاتلند باعث رواناب شدید گردیده و طی آن فرسایش قابل ملاحظه‌ای در خاک به وجود آمد به‌طوری که بر روی دامنه‌های شیب‌دار، خندق‌های (گالی) بزرگی پدید آمد. مهمترین عامل

می‌شود،  $S_n$  نسبت سطح پوشش برف به سطح کل حوزه آبخیز،  $P_n$  ارتفاع بارندگی بر روی سطح پوشش برف به سانتی‌متر،  $A$  سطح حوزه آبخیز یا طبقه ارتفاعی مورد نظر بر حسب مترمربع،  $k$  ضریب فروکش دبی در دوره بدون ذوب و بی‌باران است که از رابطه (۲) به دست می‌آید:

$$K = \frac{Q_{m+1}}{Q_m} \quad (2)$$

در این رابطه  $Q_m$  مقدار دبی در روز موردنظر و  $Q_{m+1}$  مقدار دبی یک روز بعد از روز موردنظر به متر مکعب بر ثانیه است.

**مشخصات حوزه آبخیز زیارت:** حوزه آبخیز زیارت یکی از زیرحوزه‌های کوهستانی آبخیز قره‌سو در استان گلستان می‌باشد که در محدوده جغرافیایی  $55^{\circ}23'55''$  تا  $31^{\circ}10'$   $54^{\circ}$  طول شرقی و  $36^{\circ}36'58''$  تا  $36^{\circ}46'11''$  عرض شمالی در جنوب گرگان واقع شده است (شکل ۱). مساحت حوزه آبخیز زیارت ۹۷۵۵ هکتار بوده، بیشترین ارتفاع ۳۰۸۶ متر و کمترین آن ۴۹۰ متر در خروجی است. طول آبراهه اصلی ۲۱/۵ کیلومتر و شیب بستر آن ۱۳/۵ درصد است. دمای متوسط سالانه حوزه ۷/۵ درجه سانتی‌گراد، بارندگی متوسط سالانه ۵۷۵ میلی‌متر و ارتفاع آب معادل برف سالانه ۱۱۹/۴ میلی‌متر است که در فصول سرد سال بارش بیشتر به صورت برف می‌باشد (جندقی و همکاران، ۱۳۸۳). ایستگاه هیدرومتری نهارخوران در خروجی این حوزه واقع شده است.

کوچک اروپا طراحی شده ولی با کاربرد تصاویر ماهواره‌ای و فنون سنجش از دور، برای پوشش برف در حوزه‌های آبخیز بزرگ نیز قابل استفاده است.

کاربرد مدل اس.آ.ام برای شبیه‌سازی رواناب حوزه آبخیز زمانی مقدور است که اطلاعات دبی رودخانه، دما و بارندگی یک یا دو ایستگاه در دسترس باشد. حداقل داده‌های مورد نیاز این مدل عبارتند از: سطح پوشش برف به‌طور دوره‌ای در زمان‌های مختلف، دبی رودخانه، دمای روزانه و بارندگی روزانه. جهت برآورد جریان روزانه آب حاصل از ذوب برف در طی فصل ذوب با توجه به جریان پایه از رابطه (۱) استفاده می‌شود (بیرودیان، ۱۳۸۲):

(۱)

$$Q_{n+1} = C_n [a_n (T_n + \Delta T_n) S_n + P_n] \cdot A \left( \frac{0.01}{86400} \right) (1 - k_{n+1}) + Q_n k_{n-1}$$

در این رابطه  $Q_{n+1}$  و  $Q_n$  متوسط دبی روزانه بر حسب متر مکعب در ثانیه به ترتیب در روز مورد نظر و یک روز بعد از آن می‌باشد،  $C_n$  ضریب رواناب سطحی که نشان‌دهنده نسبت رواناب به بارندگی می‌باشد،  $a_n$  شاخص درجه - روز بر حسب سانتی‌متر به درجه - روز که نشان‌دهنده عمق ذوب برف به ازای یک درجه سانتی‌گراد در روز است،  $T_n$  تعداد درجه - روز بر حسب سانتی‌گراد در روز،  $\Delta T$  فاکتور کاهش تصحیح دما نسبت به ارتفاع (گرادیان دما) است، این فاکتور با توجه به این که ارتفاع متوسط آبخیز و یا طبقات ارتفاعی مورد نظر با ارتفاع ایستگاه هواشناسی تفاوت دارد، استفاده



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز زیارت در ایران و استان گلستان.

## مواد و روش‌ها

در این بررسی، اطلاعات مربوط به سطح پوشش برف در آبخیز زیارت گرگان طی چهار مرحله بازدید میدانی در فصول زمستان و بهار سال ۱۳۸۱-۱۳۸۰ که زمان تجمع و ذوب برف می‌باشد، جمع‌آوری گردید. اطلاعات هواشناسی و هیدرولوژی مورد نیاز نیز از امور آب استان تهیه گردید. اطلاعات مربوط به برف شامل عمق و سطح پوشش به وسیله پیمایش چهار محور بر خط بزرگترین شیب در حوزه و با استفاده از ارتفاع‌سنج و دستگاه جی.پی.اس توسط اعضاء یک تیم کوهنوردی در گرگان برداشت و روی نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ منتقل گردید. اطلاعات جمع‌آوری شده برای رویدادهای بارش و ذوب برف به شرح زیر می‌باشد:

۱- تعیین سطح پوشش برف و درصد آن ( $S_n$ ) برای هریک از طبقات ارتفاعی ( $A$ )، طبقات ارتفاعی استفاده شده در این تحقیق به شرح زیر می‌باشد:

کمتر از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا

۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا

۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر از سطح دریا

۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متر از سطح دریا

شکل (۲) طبقات ارتفاعی (۵۰۰ متری) حوزه آبخیز زیارت را نشان می‌دهد. همچنین شکل (۳) سطح پوشش برف را در چهار زمان در ماه‌های اسفند و فروردین سال آبی ۱۳۸۱-۱۳۸۰ (اول مهر تا پایان شهریور) مشخص می‌سازد.

به‌منظور برآورد دبی متوسط جریان رودخانه در طی دو روز قبل و همچنین روز بعد از رویدادها در عرصه برف‌گیر، روزانه چهار نوبت اندازه‌گیری به وسیله دستگاه

بیش از ۲۵۰۰ متر از سطح دریا

۲- تعیین دمای متوسط روزانه ( $t$ ) نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی (ایستگاه هاشم‌آباد)

۳- برآورد گرادیان دما به ازای هر ۱۰۰۰ متر ( $\Delta T$ )

۴- تعیین میزان درجه - روز ( $T_n$ ) در ایستگاه به سانتی‌گراد (مبناء ذوب برف صفر می‌باشد)

۵- تعیین شاخص درجه - روز ( $a$ ) بر حسب سانتی‌متر بر درجه - روز، باید توجه داشت که در این بررسی از شاخص درجه - روز ثابت پیشنهاد شده توسط رشته مهندسی ارتش امریکا (۱۹۷۸) استفاده گردیده است. با انجام آزمایش دقیق می‌توان شاخص درجه - روز ذوب برف منطقه‌ای برای هر نقطه بدست آورد.

۶- تعیین دبی متوسط روزانه در دو روز متوالی ( $Q_n$ ) در زمان رویدادها با اندازه‌گیری مستقیم

۷- تعیین ارتفاع بارندگی ( $P_n$ ) در صورت وقوع

۸- تعیین ضریب رواناب سطحی ( $Cn$ ) در طبقه ارتفاعی مورد نظر، با استفاده از رابطه استدلالی این ضریب در طبقات ارتفاعی موردنظر تعیین گردید (مهدوی، ۱۳۸۲).

۹- تعیین ضریب فروکش دبی ( $K$ ) رودخانه با استفاده از آبنمود

میکرومولینه انجام و سپس با استفاده از مدل شبیه‌سازی اس.ار.ام میزان رواناب حاصله برآورد گردید. ضریب رواناب مورد استفاده در روابط فوق از روش استدلالی تعیین شد. جدول (۱) اطلاعات هواشناسی و هیدرولوژی مورد نیاز مدل را در چهار رویداد نشان می‌دهد. شکل (۴) آبنمود ماه‌های اسفند و فروردین رودخانه زیارت را طی ۱۵ سال آمار نشان می‌دهد.

جدول ۱- داده‌های هواشناسی و هیدرولوژی حوزه آبخیز زیارت در چهار رویداد در دوره ذوب برف

تاریخ	دمای متوسط ایستگاه (سانتی‌گراد)	درصد پوشش برف (%)	درجه - روز در حوزه (سانتی‌گراد)	شاخص درجه - روز ( $\frac{cm}{\circ C}$ )	دبی متوسط در روز قبل $Q_n$ ( $\frac{m^3}{s}$ )	بارندگی ( $mm$ )	ضریب رواناب ( $C_n$ )	ضریب فروکش آبنمود (%)
۸۰/۱۲/۱	۱۴/۵	۲۷/۰۱	۹/۲۵	۰/۱۹۵	۰/۴۱۰	۱۵	۰/۳۱۶	۰/۹۸
۸۰/۱۲/۱۰	۱۵/۶	۲۲/۹۷	۱۰/۳۵	۰/۲۰۵	۰/۴۴۵	۰	۰/۳۱۶	۰/۹۷
۸۱/۱/۱۰	۱۸/۳	۱۷/۰۵	۱۳/۰۵	۰/۲۱۵	۰/۸۸۰	۹	۰/۳۱۶	۰/۹۷
۸۱/۱/۲۲	۱۹/۳	۱۲/۹۸	۱۴/۰۵	۰/۲۱۵	۰/۷۵۵	۰	۰/۳۱۶	۰/۹۸

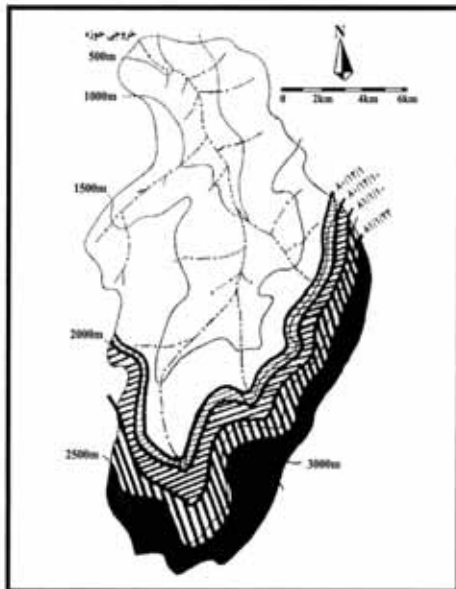
## نتایج

مدل اس.آر.ام علاوه بر برآورد رواناب رودخانه، رواناب خالص ذوب برف را در روزهای مورد نظر به دست آورد. آنچه از ارقام حاصله می توان استنباط نمود این است که رواناب خالص ذوب برف با افزایش دما (درجه - روز) و سطح پوشش برف زیادتر گردیده است. همچنین بین رواناب حاصل از ذوب برف و رواناب کل رودخانه همبستگی معنی داری وجود ندارد.

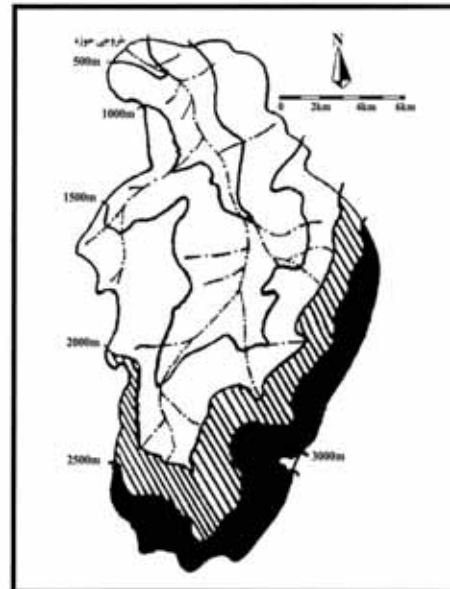
با توجه به اطلاعات رواناب که از دو روش متفاوت شامل اندازه گیری مستقیم (استفاده از میکرومولینه و آب نمود موجود) و برآورد از طریق مدل اس.آر.ام به دست آمده است، اقدام به مقایسه نتایج مدل گردید. جدول (۲) رواناب رودخانه زیارت را در چهار رویداد مختلف از طریق برآورد و مشاهده نشان می دهد. همچنین میزان رواناب خالص ناشی از ذوب برف نیز در این جدول محاسبه و درج گردیده است. ضمناً در شکل (۵) رواناب مشاهده ای با رواناب برآورد شده مقایسه گردیده است.

جدول ۲- برآورد رواناب ناشی از ذوب برف با استفاده از مدل اس.آر.ام.

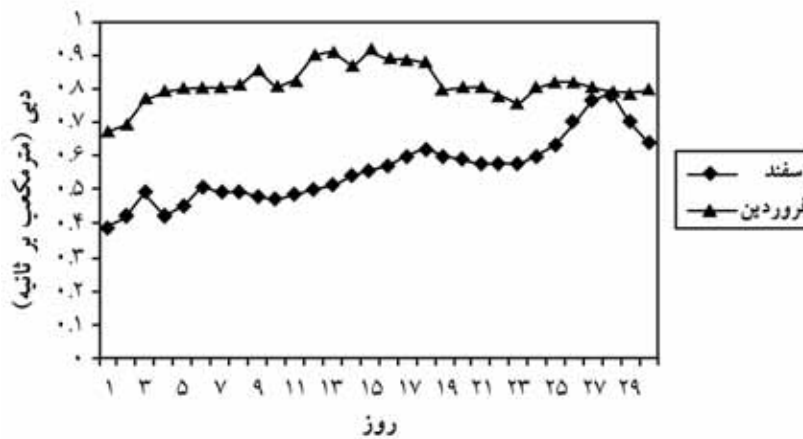
تاریخ	رواناب مشاهده شده در ایستگاه ( $m^3/s$ ) $Q_{n+1}$	رواناب برآورد شده ( $m^3/s$ ) $Q_{n+1}$	رواناب ناشی از ذوب برف ( $m^3/s$ )
۸۰/۱۲/۱	۰/۴۱۵۸	۰/۴۳۶۷۰	۰/۰۳۴۹
۸۰/۱۲/۱۰	۰/۴۶۵۳	۰/۴۸۳۹۵	۰/۰۵۲۳
۸۱/ ۱/۱۰	۰/۸۸۵۵	۰/۹۰۵۹۴	۰/۰۵۲۳
۸۱/ ۱/۲۲	۰/۷۵۹۵	۰/۷۶۸۵۰	۰/۰۲۸۷



شکل ۳- نقشه پوشش برف در چهار تاریخ مختلف در ماه های اسفند و فروردین



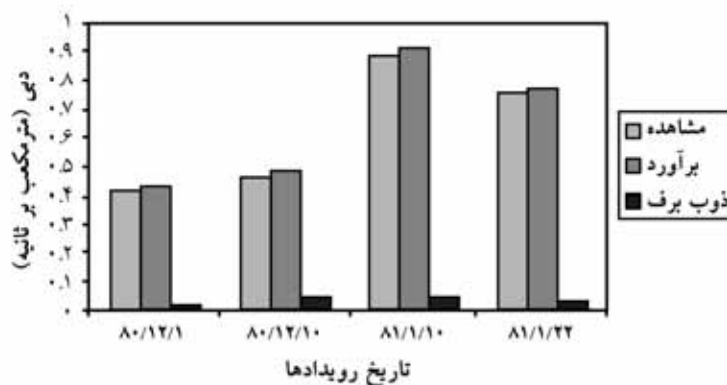
شکل ۲- نقشه طبقات ارتفاعی ۵۰۰ متری حوزه زیارت



شکل ۴- آبنمود ماهانه رودخانه زیارت در دو ماه اسفند و فروردین در دوره آماری ۱۵ ساله

از آنجا که مقدار  $P_{Value}$  محاسبه شده بزرگتر از  $0/05$  است، فرض  $H_0$  یعنی عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگین تیمارها پذیرفته می شود که نشان می دهد بین میانگین مقادیر حاصل از مدل اس.آرام و اطلاعات جمع آوری شده از ایستگاه هیدرومتری در روزهای برداشت داده ها در سطح  $\alpha = 0/05$  تفاوت معنی داری وجود ندارد. به عبارت دیگر نتایج حاصل از مدل اس.آرام به اطلاعات بدست آمده از ایستگاه هیدرومتری بسیار نزدیک است.

جهت مقایسه مقادیر رواناب حاصل از مدل اس.آرام و مقادیر مشاهده ای، از آزمون T-test در محیط نرم افزار Minitab استفاده و تجزیه واریانس داده ها انجام گردید. از آنجا که در این تحقیق تعداد نمونه ها کمتر از ۳۰ بوده، قبل از انجام آزمون T-test، تست نرمال بودن داده ها با استفاده از آزمون اندرسون - دارلینگ و تست یکسان بودن داده ها با استفاده از آزمون بارتلت انجام شد. در هر دو آزمون فوق فرض  $H_0$  یعنی نرمال بودن داده ها در آزمون اندرسون - دارلینگ و همچنین یکسان بودن واریانس ها در آزمون بارتلت در سطح  $\alpha = 0/05$  پذیرفته شد. سپس آزمون T-test انجام و مقدار  $P_{Value} = 0/918$  محاسبه شد.



شکل ۵- هیستوگرام مقایسه رواناب برآورد شده با رواناب مشاهده ای در رودخانه زیارت همراه رواناب خالص ذوب برف

هوایی و ماهواره ای کم است، مدل های ساده با اطلاعات اولیه کم و قابل دسترسی می توانند به کارشناسان و محققین کمک فراوان نمایند. البته اگر تصاویر و اطلاعات سنجش از دور نیز به طور کافی در اختیار باشد دقت کار

## بحث و نتیجه گیری

با توجه به اهمیت تخمین رواناب حاصل از ذوب برف و مشکلات فراوان در تهیه اطلاعات عرصه برف پشته ها، در مناطقی که امکانات استفاده از تصاویر متعدد

افزایش یافته و برآورد رواناب ذوب برف آسان‌تر می‌گردد.

بررسی‌های مارتینک و رانگو (۱۹۸۶) که مبین کارایی قابل قبول اس.آرام می‌باشد، می‌تواند پشتوانه مناسبی برای نتایج به دست آمده در آبخیز زیارت نیز باشد. از طرفی چون در این مدل از تبادل انرژی برای محاسبه ذوب و رواناب بهره‌گیری شده است، لذا تجربیات کولی و پالمر (۱۹۹۷) نیز می‌تواند تأییدکننده نتایج این بررسی باشد. این محققین با امکانات زیاد دورسنجی برف در در آبخیزها و برف‌پشته‌ها و همچنین استفاده مدل‌های تجربی وابسته به توازن انرژی، موفق به برآورد میزان ذوب و رواناب شدند و در نهایت اعتقاد دارند که نمی‌توان نتایج مدل‌ها را با ارقام واقعی مقایسه نمود ولی برای برنامه‌ریزی مصارف آب حاصل از ذوب برف کارایی بسیار شایسته‌ای دارند.

از نتایج به دست آمده استنباط می‌شود که با استفاده از مدل اس.آرام به آسانی و دقت نسبتاً زیاد می‌توان رواناب حاصل از ذوب برف را برآورد نمود. آن چه دارای اهمیت فراوان می‌باشد وجود و دقت اطلاعات اولیه مدل است که باعث افزایش دقت کار می‌گردد. استفاده از عکس‌های هوایی و یا ماهواره‌ای جدید کمک زیادی در سهولت انجام این تحقیق می‌نماید که مستلزم هزینه و امکانات زیاد است. البته باید توجه داشت که مشخصات فیزیکی حوزه آبخیز در کارایی مدل مؤثر بوده و ممکن است حتی در برخی از حوزه‌ها، این مدل فاقد کارایی لازم باشد، لذا در آن صورت می‌توان از مدل‌های دیگر استفاده نمود و عواملی چون ذوب، ربایش و تبخیر را به طور مجزا برآورد نمود.

## منابع

۱. بیرودیان، ن. ۱۳۸۲. برف و بهمن، مدیریت مناطق برف‌گیر. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). ۲۷۰ صفحه.
۲. جندقی، ن و همکاران. ۱۳۸۳. بررسی خصوصیات رسوب‌شناختی جریان مختلط در حوزه آبخیز زیارت گرگان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. بهار ۱۳۸۳. صفحه ۱۴۷-۱۵۶.
۳. مهدوی، م. ۱۳۸۲. هیدرولوژی کاربردی. جلد دوم. چاپ سوم. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۳۷ صفحه.
4. Beven, K.J. 2001. Rainfall-runoff modelling: the primer, Wiley, Chichester, UK. 361 p.
5. Cooly, K.R., and Palmer, P. 1997. Characteristics of snowmelt from NRCS and SNOTEL (snow telemetry) sites. Proceedings of The 97-Western snow Conference. Internet source, 1999.
6. Davar, K.S. 1973. Peak flow-snowmelt events. In D.M. Gray (ED.) Handbook on the Principles of hydrology. WIC Publication, New York.
7. Hall, D.K., and Martinec, J. 1985. Remote sensing of ice and snow. Chapman and Hall, New York, USA.
8. Linsley, R.K., Kohler, M.A., and Paulhus, J.L.H. 1983. Hydrology for Engineers. MC Graw-Hill Book Co. Inc. New York.
9. Martinec, J. 1975. Snowmelt-runoff model for stream flow forecasts. Nord. Hydrology 6:145-154.
10. Martinec, J., and Rango, A. 1986. Parameter values for snowmelt runoff modeling. Jour. of hydrology. 84:197-219.
11. U.S. Army Corps of Engineers. 1978. Runoff from snowmelt. Engineering management Report, Pp.1110-1112.
12. U.S. Department of Interior. 1975. Augmentation potential through weather modification. Bur. of Reclamation, Div. Atmosphere and Water Resources Management, Working Document, P: 51.
13. Wade, R.J., and Kirkbride, M.P. 1998. Snowmelt generated runoff and soil erosion in Fife. Scotland. Earth Surface and Landforms, 23: 123-132.

---

## **Estimation of snowmelt runoff by using SRM model and comparison with hydrographic data in Ziarat River Basin**

**N. Birodian and N. Jandaghi**

Faculty members, College of Range and Watershed management, Gorgan Univ., Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

---

---

### **Abstract**

For estimation of the snowmelt runoff and testing the precision of simulation model in Ziarat river watershed, the SRM model (Snow & Runoff Modeling) has been used. Climatic, hydrologic and snow cover data have been collected through four different events during February to April 2001. Then the SRM model has estimated the stream discharge and net snowmelt runoff. To compare the estimated runoff by SRM model and observed values by direct measurement and hydrograph, by T-test, has conducted that, there is not any significant difference between observed and estimated values. It is concluded that the SRM model can be used properly for estimation of snowmelt runoff and related flood flow in 1 watersheds. It is further concluded that the factors such as physical characteristics of catchments area and the precision of existed data can be very important in properly estimation of runoff.

**Keywords:** Runoff; Snowmelt; Simulation model; River hydrograph; SRM model