

بررسی رابطه ذخیره برفی با آورد دبی پایه فصل ذوب برف در حوضه آبریز دز

علی معتمدی*^۱، روح الله مهربانی^۲، محمود عچرش زاده^۳

دکتری مهندسی منابع آب، رئیس گروه پیش بینی های آب و هواشناسی، سازمان آب و برق خوزستان

کارشناسی ارشد مهندسی تاسیسات آبیاری، رئیس گروه اندازه گیری ایستگاه های سنجش، سازمان آب و برق خوزستان

کارشناسی ارشد مهندسی تاسیسات آبیاری، کارشناس گروه اندازه گیری، سازمان آب و برق خوزستان

Email: motamedi238@gmail.com *

چکیده

در حوضه های آبریز کوهستانی بارش برف باعث ایجاد انباشت برف و ذخیره برفی در حوضه می شود. ذخیره برفی یک منبع طبیعی آب در حوضه های کوهستانی است که رواناب بارش را با تاخیر وارد جریان رودخانه می کند. از طرفی ماندگاری بیشتر برف بر روی زمین، فرصت بیشتری را به نفوذ رواناب ناشی از ذوب برف به خاک و تغذیه سفره های آب زیرزمینی می دهد. علاوه بر آن وجود پوشش برفی باعث افزایش رطوبت خاک و افزایش رواناب ذوب برف در سیلاب های بهاره می شود. بنابراین افزایش ذخیره برفی در یک حوضه می تواند با افزایش دبی پایه در فصل ذوب همراه باشد. در این تحقیق با استفاده از داده های برف سنجی حوضه آبریز دز در چندین سال متوالی و آنالیز تصاویر ماهواره ای سنجنده مودیس در زمان عملیات برف سنجی به منظور محاسبه سطح پوشش برف، ذخیره برفی با استفاده از سه روش زمین آماری (کریجینگ، کوکریجینگ و معکوس وزنی فاصله) محاسبه گردید. برای تشخیص بهترین روش از اعتبارسنجی تقاطعی بهره بردیم. نتایج تحقیق نشان می دهد که رابطه ای معنی داری بین حجم ذخیره برفی و آورد رودخانه دز در فصل ذوب وجود دارد.

کلیدواژه ها: آب معادل برف، برف سنجی، ذخیره برفی، دبی پایه، حوضه آبریز دز.

مقدمه

در بهره برداری مخازن سدها در پائین دست حوضه های آبریز کوهستانی اطلاع از ذخیره برفی از اهمیت بالایی برخوردار است. در کشورهای مانند سوئیس و نروژ ذخیره برفی توسط موسسات تخصصی برف و بهمن رصد می شود. زیرا تولید نیروگاه های برقی در تابستان و آبیاری سدها با ذخیره برفی بالادست ارتباط مستقیمی دارد. در ایران نیز حوضه هایی مانند دز که سد مخزنی دز بر روی آن قرار دارد یک حوضه برفگیر است. با تشخیص اهمیت ذخیره برفی در آغاز بهره برداری از سد دز، جانمایی تعدادی از ایستگاه ها در آن زمان و در مکان هایی صعب العبور انجام شده است. اهمیت این موضوع به اندازه ای بوده است که گزارشات قدیمی اشاره شده است که دسترسی به ایستگاه از طریق هلیکوپتر امکان پذیر بوده است. در سال های اخیر میزان بارش ها و به تبع آن بارش برف کاهش چشمگیری داشته است اما از اهمیت برف در حوضه کاسته نشده است. رد پای سطح برف

در سیلاب های بزرگ این حوضه دیده می شود. اما متاسفانه توجه کافی به رصد وضعیت خصوصیات فیزیکی برف، به ویژه در فصل انباشت نمی شود.

در ایران متاسفانه تحقیقات کمی درباره ذخیره برفی انجام می شود. در ادامه به محدود تحقیقات انجام شده در این زمینه اشاره می شود. شفیعی علویجه (۱۳۶۸) در اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران با استفاده از داده های برف سنجی دبی ورودی به سد امیرکبیر را پیش بینی کرد. روشی که این محقق معرفی کرده است یک روش مقایسه ای- تشابهی است. در این تحقیق با توجه به گرادیان عمق برف در ماه های مختلف فصل انباشت و منحنی هیپسومتریک حوضه، ابتدا برای هر یک از ایستگاه ها ضرایبی تعیین گردید تا با اعمال این ضرایب در آب معادل برف نقطه ای بتوان شاخصی از آب معادل برف حوضه به دست آورد. سپس استفاده از یک رابطه رگرسیونی ۵ متغیره خطی که به طور عمده متکی به داده های برف سنجی ؛ باران ثبت شده در ایستگاه های باران سنجی و دبی ورودی بود، میزان دبی ورودی به سد امیر کبیر پیش بینی شد. اسلامی (۱۳۷۳) یک روش تجربی جهت پیش بینی روند دخیار برفی ارائه داد. این روش جهت کاربرد در برنامه ریزی سدهای دز و شهید عباسپور ارائه شده بود. در این مقاله روش محاسبه ذخیره برفی حوضه های بالادست سد دز و سد شهید عباسپور طی سال های ۶۷ الی ۷۲ تشریح شده است. عباسی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی اقدام به پیش بینی دبی روزانه رودخانه جاجرود نمودند. در این تحقیق از داده های شش ایستگاه برف سنجی و یک ایستگاه هیدرومتری در پائین دست استفاده شد. در این تحقیق مشخص شد زمان تاخیر تبدیل برف به رواناب در این حوضه نه هفته است. همچنین از دیگر نتایج این تحقیق می توان به عدم توانایی شبکه عصبی در تعیین زمان و مقدار دبی پیک اشاره کرد. عباسی و همکاران (۱۳۹۱) کارایی مدل های شبکه عصبی و شبکه عصبی فازی در پیش بینی دبی روزانه رودخانه سفید رود مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داده مدل شبکه عصبی فازی نسبت به شبکه عصبی کارایی بیشتری دارد.

مواد و روش ها

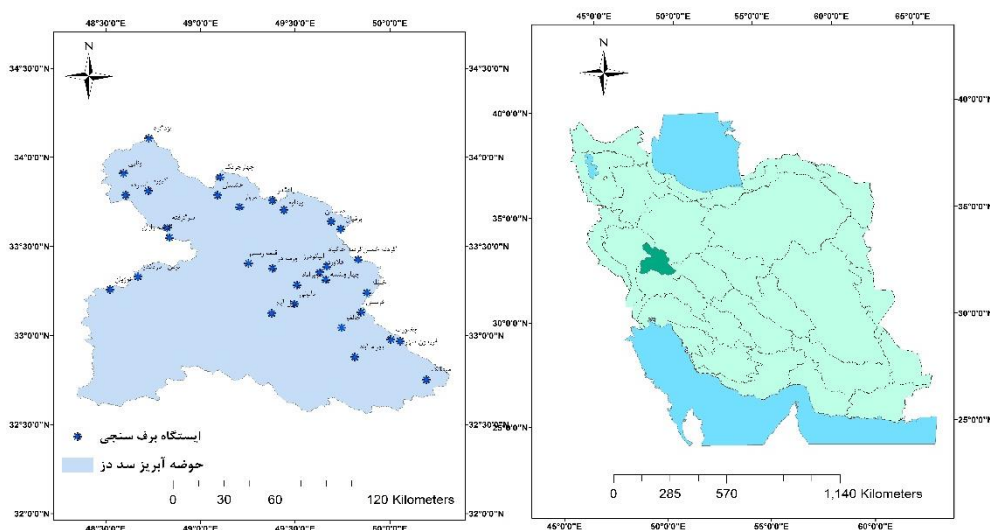
محدوده مطالعاتی

حوضه آبریز دز پرآب ترین شاخه رودخانه کارون بزرگ می باشد که قسمت عمده آن در استان لرستان قرار دارد. سرچشمه های اصلی این رودخانه در اشترانکوه و قالی کوه قرار دارد. رودخانه دز از دو انشعاب اصلی به نام های رودخانه بختیاری و رودخانه سزار تشکیل می شود. در این تحقیق حوضه آبریز سد دز به عنوان منطقه مطالعاتی انتخاب شد. مساحت حوضه آبریز رودخانه دز تا محل ایستگاه تله زنگ ۱۶۱۲۰ کیلومترمربع است. این حوضه در محدوده جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۳۰ دقیقه الی ۳۴ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. حداکثر ارتفاع این حوضه براساس مدل رقومی ارتفاعی به دست آمده از ماهواره SRTM، ۴۰۷۵ متر و حداقل آن در محل سد دز ۳۱۷ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. میانگین ارتفاعی این حوضه ۱۹۷۵ و شیب متوسط آن ۱۶/۱۱ درصد است. این رودخانه پس از سد دز و در محل بند قیر به رودخانه کارون می پیوندد.

اطلاعات برف سنجی

براساس بررسی های انجام شده بر روی گزارش ها، عملیات برف سنجی در حوضه دز از سال ۱۳۴۸ انجام شده است. این عملیات جهت اندازه گیری عمق، چگالی و آب معادل برف در ایستگاه های برف سنجی و در ابتدا فصل ذوب انجام می شود. به دلیل

گسترده‌گی جغرافیایی حوضه این عملیات در هر سال ۱ بار انجام می‌شود و در طول سال ایستگاه‌های آنلاین برف سنجی اطلاعات را استخراج می‌کنند.



شکل ۱- موقعیت حوضه آبریز دز و ایستگاه‌های برف سنجی

برآورد ذخیره برفی در حوضه

منظور از ذخیره برفی مجموع کل حجم آب معادل برف ذخیره شده در سطح برف حوضه است. بدیهی است که در برخی بارش‌ها برف به دلیل افزایش درجه حرارت پس از ریزش برف، مقداری از برف ناپایدار و با عمق کم ذوب و به رواناب حوضه اضافه می‌گردد. عملیات برف سنجی در حوضه تا حد امکان در ابتدای فصل ذوب و پس از به اوج رسیدن سطح برف حوضه انجام می‌شود. معتمدی (۱۳۹۶) با آنالیز سری زمانی تصاویر حداکثر پوشش برف ۸ روزه در این حوضه نشان داد که به طور متوسط در ۱۹ سال گذشته فصل ذوب این حوضه از نیمه دوم بهمن آغاز می‌شود. به همین منظور عملیات برف سنجی در هفته آخر بهمن ماه الی هفته اول اسفند ماه آغاز و معمولاً در بهترین شرایط آب و هوایی نزدیک به یک هفته زمان می‌برد. برای همین منظور تصمیم گرفته شد جهت برآورد سطح برف در زمان برف سنجی از تصاویر حداکثر پوشش برف ۸ روزه سنجنده مودیس (با توجه به تاریخ انجام عملیات برف سنجی) استفاده گردد. در تصاویر ۸ روزه مودیس حداکثر پوشش برفی مشاهده شده طی هشت روز گذشته در اختیار کاربر قرار می‌گیرد. در این تحقیق از محصولات MOD10A2 که مربوط به محصولات حداکثر پوشش برف سنجنده مودیس از ماهواره Terra می‌باشد استفاده شده است. به دلیل آن که تصاویر مودیس از سال ۱۳۷۹ در دسترس است محدوده زمانی مورد استفاده بین سال‌های آبی ۸۰-۱۳۷۹ الی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ می‌باشد. همچنین جهت محاسبه آب معادل برف در پلیگون سطح پوشش برف از داده‌های آب معادل برف ایستگاه‌های برف سنجی و سه روش زمین‌آماری (معکوس وزنی فاصله، کریجینگ و کوکریجینگ) با متغیر کمکی ارتفاع)) استفاده شد. با استفاده از روش‌های مرسوم مانند اعتبار سنجی تقاطعی بهترین روش از منظر معیار خطای RMSE انتخاب گردید و در نهایت میزان ذخیره برفی در حوضه محاسبه شد.

محاسبه دبی پایه

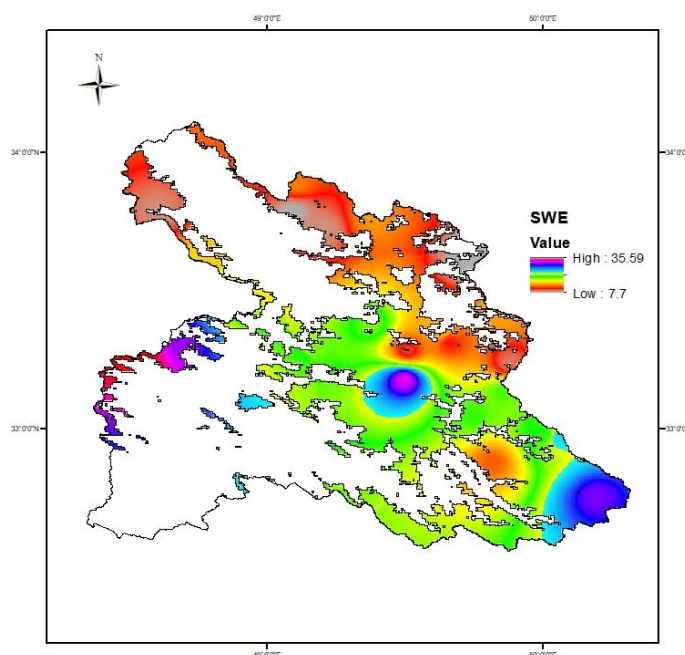
ایستگاه تله زنگ نزدیک ترین ایستگاه هیدرومتری به سد دز و ایستگاه شاخص در این حوضه است. این ایستگاه بر روی رودخانه دز و پس از پیوستن دو رودخانه بختیاری از شرق و سزار از غرب حوضه به نام رودخانه دز خوانده می‌شود قرار دارد. این ایستگاه

از سال ۱۳۳۵ داری آمار دبی عبوری از رودخانه دز می باشد. در این پژوهش برای محاسبه آورد رودخانه از آمار دبی این ایستگاه از سال آبی ۸۰-۱۳۷۹ استفاده شده است.

روش های مختلفی برای محاسبه دبی پایه در مراجع مختلف هیدرولوژی وجود دارد. در این تحقیق از روش حداقل محلی (Local Minimum Method) استفاده شده است. در این روش مقدار $N=0.8A^{0.2}$ محاسبه می شود (A مساحت حوضه برحسب مایل مربع)، سپس مقدار N^* که برابر با نزدیک ترین عدد فرد نزدیک به N است به دست می آید. در نهایت دبی هر روز چک می شود تا تعیین شود که آیا کمترین دبی در حد فاصل $[0.5(2N^*-1)]$ روز قبل و بعد از روز مورد بررسی رخ داده است یا خیر. اگر جواب مثبت باشد این نقطه یک حداقل محلی است و با یک خط راست به حداقل محلی مجاور متصل می شود و دبی پایه بین این دو به وسیله درون یابی خطی تخمین زده می شود.

نتایج

بر اساس آمار دریافت شده از داده های برف سنجی حوضه آبریز دز، نسبت به محاسبه آب ذخیره برفی این حوضه در ۱۶ سال اقدام شد. در ابتدا با روش اعتبار سنجی تقاطعی (Cross Validation) بهترین روش زمین آماری از سه روش ذکر شده تعیین و سپس با استفاده از مساحت به دست آمده از تصاویر ۸ روزه مودیس ذخیره برفی حوضه محاسبه گردید. خلاصه نتایج در جدول درج شده است. لازم به توضیح است که در جدول ۱ اطلاعات آب معادل برف سال های ۸۸-۱۳۸۷، ۸۹-۱۳۸۸، ۹۱-۱۳۹۰، ۹۴-۱۳۹۳، ۹۵-۱۳۹۴، در دسترس نبود و در سال آبی ۹۷-۱۳۹۶ هیچ یک از ایستگاه ها بجز ایستگاه میدانک برف قابل اندازه گیری نداشته است و ذخیره برفی حوضه معادل صفر (بسیار ناچیز) بوده است. در شکل ۲ نقشه توزیع مکانی آب معادل برف در سال ۱۳۸۳ را نشان می دهد. در شکل ۲ نقشه توزیع مکانی آب معادل برف در سال ۱۳۸۳ ارائه شده است.



شکل ۲- نقشه توزیع مکانی آب معادل برف با استفاده از داده های برفسنجی اسفند ۱۳۸۳ و روش زمین آماری منتخب

جدول ۱- نتایج محاسبه ذخیره برفی حوضه دز با استفاده از روش منتخب زمین آماری

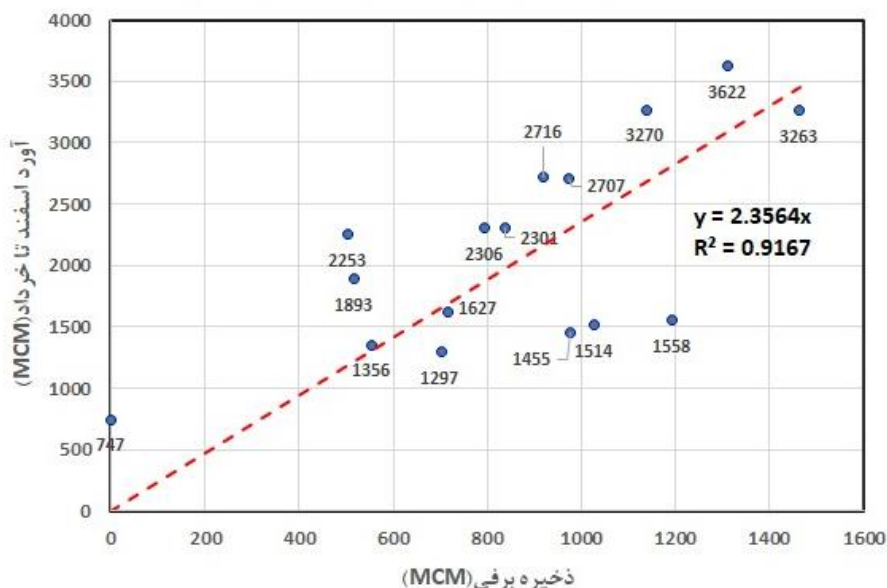
ذخیره برفی (میلیون مترمکعب)	متوسط آب معادل برف (سانتیمتر)	RMSE	روش منتخب زمین آماری	سطح پوشش برف در زمان برف سنجی (کیلومتر مربع)	سال آبی
۹۷۷	۱۴	۷/۳۶	کوکر یجینگ	۷۰۹۳	۸۰-۱۳۷۹
۱۰۲۸	۲۵	۴/۹۵	کوکر یجینگ	۴۰۹۴	۸۱-۱۳۸۰
۱۳۱۰	۲۴/۵	۷/۸۶	معکوس وزنی فاصله	۵۳۴۲	۸۲-۱۳۸۱
۷۹۳	۱۷/۳	۸/۳۲	کوکر یجینگ	۴۵۸۴	۸۳-۱۳۸۲
۱۴۶۳	۱۸/۵۴	۶/۴۴	معکوس وزنی فاصله	۷۸۹۰	۸۴-۱۳۸۳
۱۱۳۷	۲۲/۳۳	۸/۵۷	کوکر یجینگ	۵۰۹۱	۸۵-۱۳۸۴
۵۹۲	۷/۹۱	۵/۲۷	معکوس وزنی فاصله	۷۴۸۸	۸۶-۱۳۸۵
۷۱۵	۹/۹۸	۵/۷۷	کوکر یجینگ	۷۱۶۸	۸۷-۱۳۸۶
----	----	----	----	۳۴۷۱	۸۸-۱۳۸۷
----	----	----	----	۶۵۴۰	۸۹-۱۳۸۸
۵۱۸	۱۰/۹۵	۵/۵۷	کوکر یجینگ	۴۷۳۵	۹۰-۱۳۸۹
۱۳۹۳	۹/۸۲	۳/۷۷	کوکر یجینگ	۱۴۱۸۱	۹۱-۱۳۹۰
----	----	----	----	۳۴۴۷	۹۲-۱۳۹۱
۵۰۵	۱۱/۴۸	۲/۶۸	معکوس وزنی فاصله	۴۳۹۸	۹۳-۱۳۹۲
----	----	----	----	۷۶۲۳	۹۴-۱۳۹۳
----	----	----	----	۲۳۵۹	۹۵-۱۳۹۴
۸۳۷	۹/۶۵	۴/۲۷	کوکر یجینگ	۸۶۷۶	۹۶-۱۳۹۵
۰	۰	۰	---	۵۵۹۷	۹۷-۱۳۹۶
۹۱۸	۷/۱	۵/۵۵	کوکر یجینگ	۱۲۹۳۴	۹۸-۱۳۹۷
۹۷۳	۱۳/۸۲	۷/۰۲	کوکر یجینگ	۷۰۳۷	۹۹-۱۳۹۸
۵۵۵	۷/۰۱	۲/۷۱	کوکر یجینگ	۷۹۲۴	۱۴۰۰-۱۳۹۹
۷۰۱	۱۳/۵	۵/۲	کوکر یجینگ	۵۱۹۲	۱۴۰۱-۱۴۰۰

با ایجاد یک همبستگی خطی ساده بین حجم ذخیره برفی محاسبه شده در جدول بالا و مقادیر حجم آورد دبی پایه در ایستگاه تله زنگ در محدوده زمانی اول اسفند تا آخر خرداد همان سال آبی که عمده ذخیره برفی در حوضه ذوب می شود مشاهده می شود که یک همبستگی قوی بین ذخیره برفی و آورد دبی پایه وجود دارد (شکل ۳). این رابطه به صورت زیر است:

$$Bf = ۲.۳۵۶ \times SS$$

که در این رابطه Bf آورد دبی پایه در مقطع ایستگاه تله زنگ از اول اسفند الی پایان خرداد و SS ذخیره برفی در ابتدای فصل ذوب است. مقدار مجذور همبستگی این رابطه $۰/۹۳۶۷$ به دست آمده است. با مراجعه به جدول فیشر مشخص می شود که این

رابطه در سطح یک درصد معنی دار است. بدیهی است که ریزش باران در این محدوده زمانی ممکن است حجم دبی پایه را افزایش دهد و یکی از منابع خطا همین مساله است.



شکل ۳- رابطه ذخیره برفی و آورد فصل ذوب در حوضه آبریز دز (تامقطه تله زنگ)

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق حوضه آبریز دز به عنوان یکی از حوضه های برف گیر کشور که از کوه های زاگرس سرچشمه می گیرد به عنوان محدوده مطالعاتی انتخاب شد. برای محاسبه ذخیره برفی این حوضه در سال های مختلف از داده های برف سنجی این حوضه که از سال ۱۳۴۸ آغاز شده است استفاده شد. به دلیل آنکه تصاویر مودیس از سال ۱۳۷۹ موجود هستند داده های ۱۳۷۹ به بعد مورد استفاده قرار گرفت. توزیع مکانی آب معادل برف حوضه با استفاده از روش منتخب زمین آماری در هر سال تحلیل و در نهایت ذخیره برفی حوضه محاسبه گردید. تحقیقات پیشین نشان داده است که فصل ذوب برف در ۱۹ سال گذشته از نیمه دوم بهمن آغاز می شود بنابراین آورد دبی پایه حوضه در محل ایستگاه تله زنگ و در محدوده زمانی اول اسفند الی پایان خرداد که عمده ذخیره برفی حوضه ذوب می شود ملاک قرار گرفت. نمودار همبستگی بین ذخیره برفی و آورد فصل ذوب نشان می دهد رابطه معنی داری (در سطح ۱ درصد) بین این دو برقرار است. بدیهی است به دلیل آنکه ریزش باران در این مدت می تواند حجم دبی پایه را افزایش دهد، این مهم یکی از منابع عدم قطعیت خواهد بود. در سال های مورد بررسی (۱۶ سال) متوسط ذخیره برفی ۸۵۱ میلیون مترمکعب برآورد شده است. بیشترین حجم مشاهداتی در سال ۱۳۸۳ و به مقدار ۱۴۶۳ میلیون مترمکعب برآورد شده است. که در ۲۱ الی ۲۳ اسفند ۱۳۸۳ پوشش برف و ذوب آن به علت ریزش باران بر روی برف بزرگترین سیلاب این حوضه را رقم زد و عمده ذخیره برفی در این سیلاب از بین رفت.

در پایان لازم می دانم از دفتر نوآوری، توسعه فناوری و پژوهش های کاربردی سازمان آب و برق خوزستان به سبب حمایت های مالی انجام این تحقیق تشکر و قدردانی نمایم.

منابع

- ۱- اسلامی، م. ۱۳۷۳. معرفی روش تجربی پیش بینی روند ذوب برف ذخایر برفی و کاربرد نتایج آن در برنامه‌ریزی بهره برداری از سد‌های مخزنی دز و شهید عباسپور. اولین سمینار هیدرولوژی برف و یخ. ارومیه ۸ الی ۱۰ بهمن ۱۳۷۳.
- ۲- شفیعی علویجه، ر. ۱۳۶۸. پیش بینی دبی ورودی به سد امیرکبیر در ماه‌های فصل بهار از روی داده‌های برف سنجی. اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران. دانشگاه تهران، ۲۳-۲۱ خرداد ۱۳۶۸.
- ۳- سید عباسی، س. م. گوران اوریمی، م. فریدحسینی، ع. و شریفی، م. ۱۳۹۱. بررسی قابلیت پارامتر Cprecip در منظور کردن اثر برف بر پیش بینی دبی روزانه رودخانه به وسیله شبکه عصبی و شبکه عصبی فازی. مجله علوم و مهندسی آبیاری، دوره ۳۵، شماره ۱، خرداد ۱۳۹۱، صفحات ۹۲-۸۳.
- ۴- عباسی، د. اشرف زاده، ا. قربانی زاده خرازی. و غزل، ر. ۱۳۹۰. بررسی و آزمون عملکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش بینی دبی روزانه خروجی از حوضه آبریز دارای رژیم برفی (مطالعه موردی: رودخانه جاجرود). سومین همایش ملی مهندسی عمران. دانشگاه آزاد اسلامی خمینی شهر.

Investigating the relationship between snow storage and baseflow Volume in the snowmelt season in the Dez watershed

Ali Motamedi, Rouhollah Mehrabani, Mahmood Echreshzadeh

Abstract

In mountain watersheds, snowfall causes accumulation of snow and snow storage in the basin. Snow storage is a natural source of water in mountain basins, which delays the flow of rainfall runoff into the river flow. On the other hand, the longer duration of snow on the ground gives more opportunity for runoff caused by melting snow to penetrate the soil and groundwater recharge. Therefore, an increase in snow storage in a basin can be associated with an increase in the baseflow discharge in the melting season. In this research, using the snow survey data of Dez basin in several consecutive years and Calculation of snow storage from geostatistical methods, a significant relationship between the volume of snow storage and the volume of baseflow of Dez River in the melting season was extracted.

Key Words: Snow Water Equivalent, Snow Survey, Snow Storage, Baseflow, Dez Basin