



همایش ملی انتقال آب بین حوضه‌ای (چالش‌ها و فرصت‌ها)

National Conference on Inter-Basin Water Transfer
(Opportunities & Challenges)

شهرکرد - سوم خرداد ۱۳۹۱



بررسی مشارکت زیر حوضه‌ها در هیدروگراف سیلاب شهر اصفهان

پگاه بهنام^۱، حسین صمدی^۲، محمد شایان نژاد^۳، عطاالله ابراهیمی^۴

۱- کارشناس ارشد سازه‌های آبی Email: p.behnam96@yahoo.com

۲- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه شهرکرد

۳- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه صنعتی اصفهان

۴- استادیار گروه منابع طبیعی دانشگاه شهرکرد

چکیده

در این تحقیق میزان مشارکت زیر حوضه‌ها در سیلاب شهری اصفهان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS بررسی می‌شود. بدین منظور پس از جمع‌آوری بارش و سیلاب مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری داخل و خارج حوضه و کنترل داده‌ها، از سه واقع بارش و رواناب به منظور واسنجی و اعتبار سنجی مدل استفاده شد. با استفاده از اطلاعات وضعیت خاک و کاربری اراضی حوضه، نقشه CN حوضه در محیط GIS استخراج گردید. سپس به منظور بررسی میزان مشارکت و اولویت بندی زیر حوضه‌ها، هیتوگراف بارش مربوط به دوره بازگشت ۵۰ سال حوضه به مدل وارد و با حذف متوالی زیر حوضه‌های مختلف از جریان شبیه‌سازی، میزان تاثیر آن در دبی اوج خروجی از حوضه مورد نظر تعیین شد.

کلمات کلیدی: سیلاب، اولویت بندی، مشارکت، شبیه‌سازی

مقدمه

بررسی عوامل زیست محیطی نشان می‌دهد که دخالت انسان در چرخه طبیعی آب از طریق تخریب پوشش گیاهی در عرصه‌های آبخیز، کاربری غیر اصولی اراضی توسعه سطوح غیر قابل نفوذ و امثال آن پتانسیل سیل خیزی را در مناطق گوناگون افزایش داده است در نتیجه پهنه جریان سیلاب‌ها گسترش یافته و زمین‌های بیشتری در هنگام طغیان سیل تحت تاثیر قرار می‌گیرند (رضوانی، ۱۳۷۷). با توجه به وسعت حوضه‌های آبخیز و هزینه بالای اقدامات کنترل سیلاب، تعیین میزان مشارکت زیر حوضه‌های مختلف در سیلاب خروجی از حوضه به منظور اولویت دهی در کنترل سیلاب امری ضروری می‌باشد (روغنی، ۱۳۸۴). با توجه به نبود ایستگاه‌های هیدرومتری در تمام زیر حوضه‌ها، استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی برای شبیه‌سازی فرآیندهای بارش و رواناب و تعیین میزان سیلاب تولیدی در زیر حوضه‌ها و خروجی حوضه می‌تواند روشی مناسب در دستیابی به این اهداف باشد. بنابراین شناسایی رفتار هیدرولوژیکی حوضه و بررسی سهم مشارکت زیر حوضه‌های مختلف در سیلاب مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است:

قائمی و مرید (۱۳۷۵) به منظور تعیین شدت سیل خیزی زیر حوضه‌های آبخیز کرخه از شش عامل بارندگی، زمان بارندگی، عمق برف انباشته شده، شیب و شکل حوضه، جنس زمین و پوشش گیاهی استفاده نمودند و با ارزش‌گذاری کمی و وزن دهی به هر عامل، مدل سیل خیزی برای حوضه‌های مختلف را از نظر تولید سیلاب اولویت بندی نمودند. یشربی (۱۳۸۴) اولویت بندی زیر حوضه‌های مهم آبخیز هراز در استان مازندران را با ثبت داده‌های رواناب ۱۸ زیر حوضه به مدت یکسال انجام داد بدین منظور از معیار تولید رواناب و تولید دبی ویژه در پایه‌های زمانی مختلف استفاده



همایش ملی انتقال آب بین حوضه‌ای (چالش‌ها و فرصت‌ها)

National Conference on Inter-Basin Water Transfer
(Opportunities & Challenges)

شهرکرد - سوم خرداد ۱۳۹۱



کرد و زیر حوضه‌های با اولویت بالا را معرفی نمود. شدت سیل خیزت سیل خیزی یا به عبارتی میزان مشارکت زیر حوضه‌ها در سیل خیزی خروجی کل حوضه در محل سد گلستان را ثقفیان و فرازجو (۱۳۸۶) با استفاده از روش واکنش سیل واحد در محیط مدل HEC-HMS بررسی نمودند. نتایج نشان داد که که شدت سیل خیزی زیر حوضه‌ها تنها تحت تاثیر یک عامل نیست و اثر ترکیبی پارامترها به ویژه سهم بارش هر زیر حوضه، زمان تمرکز و زمان انتقال موج سیل از بازه روندیابی دارای نقش موثرتری می باشد. آذری و صادقی (۱۳۸۷) به منظور بررسی میزان مشارکت و اولویت بندی زیر حوضه‌های، حوضه آبخیز جاغرق در استان خراسان رضوی با استفاده از اطلاعات وضعیت پوشش گیاهی، خاک و کاربری اراضی حوضه و وارد نمودن هیتوگراف بارش مربوط به دوره بازگشت های ۱۰، ۲۰ و ۵۰ ساله حوضه مدل HEC-HMS را اجرا نمودند. با حذف متوالی زیر حوضه‌های مختلف از جریان شبیه سازی، میزان تاثیر آن در دبی اوج و حجم سیلاب خروجی از حوضه مورد نظر نتیجه گرفته شد که ۶۶/۱۶ درصد کاهش دبی اوج و ۶۵/۹۸ درصد کاهش حجم سیلاب برای دوره بازگشت معمول ۲۰ سال متعلق به ۴ زیر حوضه ی بالا دست و میانی بوده است حال آن که یکی از زیر حوضه‌های مشرف به خروجی حوضه اولویت نخست در تولید و مشارکت سیلاب به ازای واحد سطح را عهده دار بوده است. با استفاده از روش تکرار حذف انفرادی زیر حوضه‌ها در محیط مدل HEC-HMS، زیر حوضه‌های آبخیز مارمه را زهتابیان و همکاران (۱۳۸۸) از نظر پتانسیل سیل خیزی اولویت بندی نموده و نتایج حاصل نشان داد که سهم زیر حوضه‌ها در پتانسیل سیل خیزی کل حوضه، تنها تحت تاثیر مساحت آن‌ها نیست و عواملی چون موقعیت مکانی زیر حوضه‌ها و روندیابی سیل در رودخانه اصلی نیز در رژیم سیلابی حوضه تاثیر مهمی دارند. فودی و همکاران (۲۰۰۴) از مدل HEC-HMS برای شبیه سازی سیلاب در منطقه‌ای غرب مصر استفاده کردند و خروجی‌های زیر حوضه‌های که بیشترین دبی اوج را تولید می کردند، به عنوان مناطق حساس در مقابل سیلاب معرفی نمودند.

باتوجه به بررسی منابع موجود می توان نتیجه گرفت که در محیط مدل HEC-HMS با استفاده از روش تکرار حذف انفرادی زیر حوضه‌ها، زیر حوضه‌های یک حوضه آبخیز را از نظر پتانسیل سیل خیزی می توان اولویت بندی نمود.

مواد و روش ها

حوضه آبخیز مورد مطالعه بخشی از حوضه زاینده رود می باشد، که با مساحت ۲۲۸۶ کیلومتر مربع بین دو ایستگاه آب سنجی موسیان و پل چوم با عرض‌های ۳۶۰۳۵۳۶ تا ۳۶۰۳۷۴۸ و طول‌های ۵۴۹۷۷۳ تا ۵۷۲۲۶۷ متر در سیستم تصویری UTM (زون ۳۹) واقع شده است. حوضه آبخیز مطالعاتی با توجه به توپوگرافی و شبکه آبراهه‌ها به چهار زیر حوضه تقسیم شده است. که شکل (۱) محدوده و موقعیت آن‌ها را در منطقه نشان می دهد. سپس مدل رقومی حوضه با قدرت تفکیک مکانی ۲۰ متر در محیط ARC GIS و با استفاده از روش شبکه نامنظم مثلثی (TIN) خصوصیات فیزیوگرافیک مورد نیاز در هر زیر حوضه استخراج گردید که در جدول (۱) ارائه شده است. شیب متوسط کل حوضه برابر ۴/۱۸ درصد و ارتفاع متوسط آن در حدود ۲۲۶۹ متر می باشد.



همایش ملی انتقال آب بین حوضه‌ای (چالش‌ها و فرصت‌ها)

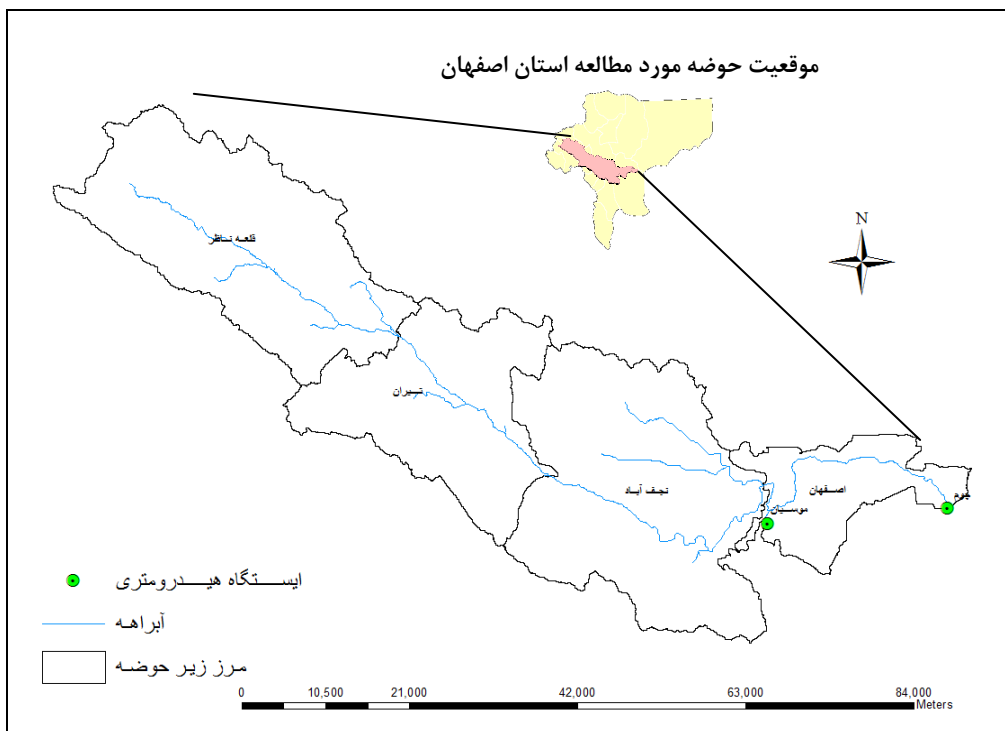


National Conference on Inter-Basin Water Transfer
(Opportunities & Challenges)

شهرکرد - سوم خرداد ۱۳۹۱

جدول (۱): خصوصیات فیزیوگرافیک زیر حوضه‌ها

کل حوضه	اصفهان	نجف آباد	تیران	ناظر	زیر حوضه پارامتر
۲۲۸۶	۲۴۹/۶	۸۱۱/۹	۵۰۸/۸	۷۱۶/۳	مساحت (کیلو متر مربع)
۷۵۰/۶۰	۱۴۵/۴۰	۲۰۹/۴۰	۱۸۸/۱۰۰	۲۰۷/۷۰	محیط (کیلو متر)
۳۶۰۰	۲۳۰۰	۲۴۰۰	۲۸۰۰	۳۶۰۰	ارتفاع حداکثر (متر)
۱۶۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰	۱۸۰۰	۲۰۰۰	ارتفاع حداقل (متر)
۴/۱۸	۲/۲	۳/۷	۴/۱	۵/۳	شیب متوسط وزنی (درصد)
۱/۱	۰/۴	۱/۲	۱/۶	۱/۹	شیب متوسط وزنی آبراهه‌ها (درصد)
۱۳۶/۳	۴۲/۵	۴۲/۶	۲۸/۸	۶۰/۶	طول آبراهه اصلی (کیلو متر)
۴/۳۹	۲/۵۸	۲/۰۵	۲/۳۳	۲/۱۷	ضریب گراویلیوس
۳۶۹/۱	۶۹/۱	۹۶/۲۸	۸۸/۳	۹۶/۴۲	طول مستطیل معادل (کیلو متر)
۶/۱۹	۳/۶۰	۸/۴۲	۵/۷۵	۷/۴۲	عرض مستطیل معادل (کیلو متر)



شکل ۱- موقعیت حوضه، زیر حوضه و ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان اصفهان

به منظور شبیه سازی واکنش هیدرولوژیک حوضه با مدل HEC-HMS، با استفاده از روش SCS CN مقدار تلفات اولیه بارش - رواناب و نفوذ تعیین شده است. بدین منظور آمار بارش و رواناب مربوط به کلیه ایستگاه‌های باران سنجی موجود در



همایش ملی انتقال آب بین حوضه‌ای (چالش‌ها و فرصت‌ها)

National Conference on Inter-Basin Water Transfer
(Opportunities & Challenges)

شهرکرد - سوم خرداد ۱۳۹۱



داخل و خارج حوضه و ایستگاه‌های هیدرومتری داخل حوضه جمع آوری گردید. شماره منحنی پارامتری بعدی است که در روش SCS برای تعیین تلفات اولیه و زمان تاخیر به کار می رود و تحت تاثیر نوع کاربری اراضی، گروه هیدرولوژیکی و رطوبت پیشین خاک می باشد. نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره ای IRS2008 استخراج گردید و به محیط GIS وارد شد. سپس نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوضه نیز با توجه به نقشه‌های زمین شناسی، خاک شناسی منطقه و بازندهای میدانی نقشه گروه هیدرولوژیکی منطقه استخراج گردید. در مرحله بعد در محیط GIS نقشه کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک با یکدیگر تلفیق شده و براساس جداول تعیین شماره منحنی نقشه CN حوضه تهیه و شماره منحنی متوسط وزنی هر زیر حوضه تعیین گردید که در جدول شماره (۲) مشاهده می شود. به منظور واسنجی و اعتبارسنجی مدل از میان وقایع بارش و رواناب ثبت شده در ایستگاه‌های منطقه تعدادی رویداد بارش فراگیر منفرد و سیلاب متناظر آن در ایستگاه‌های هیدرومتری پل چوم (خروجی) و موسیان (ورودی به حوضه) انتخاب شد. سپس با استفاده از روش چند ضلعی تیسن توزیع مکانی بارش‌های مذکور در سطح منطقه استخراج و برای هر زیر حوضه مقدار بارش آن رگبار محاسبه گردید. به منظور تهیه هیتوگراف بارش‌ها و تعیین الگوی زمانی رگبار مربوط در هر زیر حوضه از هیتوگراف ایستگاه سینوپتیک اصفهان استفاده گردید. سپس واسنجی مدل با ورود هیتوگراف بارش و مقایسه هیدروگراف سیلاب خروجی با شبیه سازی، پارامترهای ضریب تلفات و زمان تاخیر با انواع توابع هدف شبیه سازی گردید. پس از واسنجی و اعتبارسنجی مدل و استخراج پارامترهای بهینه به منظور تعیین میزان مشارکت زیر حوضه‌ها در سیلاب خروجی از هیتوگراف بارش برای دوره بازگشت ۵۰ به دلیل غلبه کاربرد در پروژه‌های اجرای مدیریت آبخیز استفاده گردید. بدین صورت که مقدار بارش مربوط از منحنی شدت مدت فراوانی ایستگاه سینوپتیک اصفهان استخراج و با توجه به نسبت بارش ایستگاه‌های حوضه آبخیز و همچنین الگوی توزیع زمانی رگبارهای اصفهان، هیتوگراف رگبارهای مربوطه تهیه شد. برای اولویت بندی زیرحوضه‌ها از نظر سیل‌خیزی و عبارتی تعیین میزان تأثیر هر یک از زیرحوضه‌ها در دبی سیل خروجی کل حوضه از روش تکرار حذف انفرادی زیرحوضه استفاده می شود. در این روش ابتدا هیدروگراف سیل خروجی با مشارکت کلیه زیر حوضه‌ها با کاربرد مدل HMS-HEC محاسبه می شود. سپس با حذف متوالی و یک به یک زیرحوضه‌ها از فرایند روندیابی داخل حوضه، میزان مشارکت هر یک از آنها در دبی اوج خروجی حوضه بدست می آید. زیرحوضه‌ای که بیشترین کاهش را در دبی خروجی کل حوضه از خود نشان دهد بیشترین سهم را در ایجاد سیل خروجی بعهده داشته و بعنوان اولویت اول شناخته می شود. بدین ترتیب کلیه زیر حوضه‌ها با توجه به میزان مشارکت آنها در دبی خروجی حوضه اولویت بندی می شوند.

جدول (۲): شماره منحنی زیر حوضه‌ها

شماره منحنی	زیر حوضه
۶۵/۴۸	قلعه ناظر
۶۹/۷۲	تیران
۶۹/۹۴	نجف آباد
۷۰/۴۲	اصفهان



همایش ملی انتقال آب بین حوضه‌ای (چالش‌ها و فرصت‌ها)

National Conference on Inter-Basin Water Transfer
(Opportunities & Challenges)

شهرکرد - سوم خرداد ۱۳۹۱



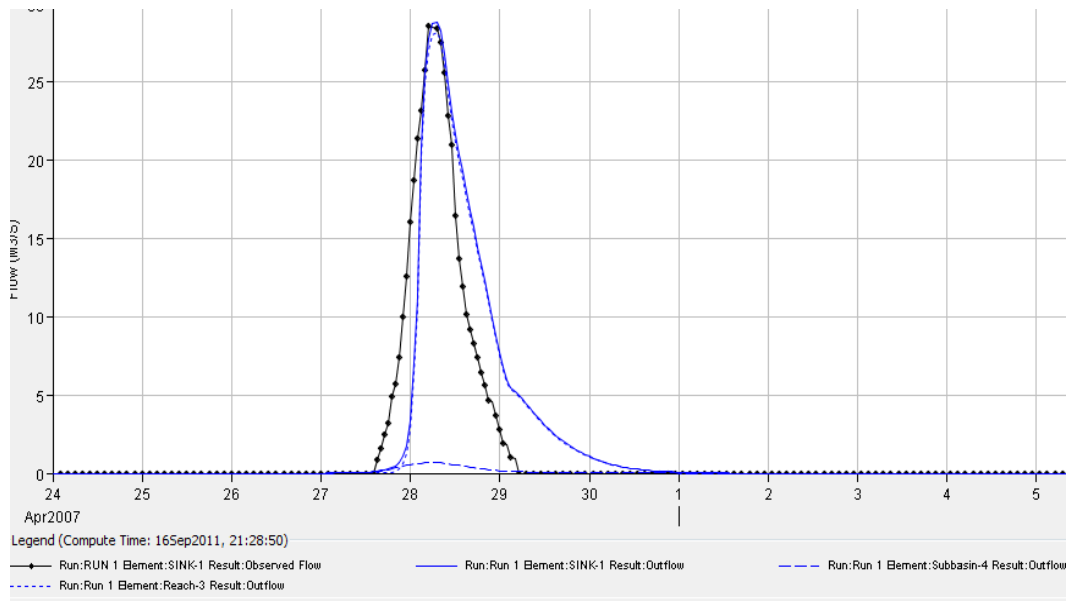
نتایج

نتایج مربوط به بهینه سازی پارامترهای ورودی به مدل و نتایج شبیه سازی مدل برای سیل ۵۰ ساله هر زیر حوضه در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول (۳): مقادیر بهینه تلفات اولیه در زیر حوضه های مطالعاتی

ضریب تلفات	تلفات اولیه به میلی متر	زیر حوضه
۰/۳۰	۴۰/۷۱	قلعه ناظر
۰/۲۰	۲۲/۰۶	تیران
۰/۱۶	۱۷/۶۲	نجف آباد
۰/۱۹	۲۱/۲۷	اصفهان

شکل (۲)، نیز نتیجه واسنجی هیدروگراف در ایستگاه هیدرومتری پل چوم را نشان می دهد.



شکل (۲): اعتبار یابی مدل در رویداد سوم

اولویت بندی زیر حوضه‌های مختلف از نظر دبی اوج، بر اساس سهم مشارکت هر زیر حوضه‌ها در محل خروجی ایستگاه هیدرومتری پل چوم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از اولویت بندی زیر حوضه‌ها در جدول (۴) ارائه شده است. نتایج به دست آمده نشان می دهد که زیر حوضه‌های نجف آباد و تیران به ترتیب با ۵۵/۸۳ و ۳۶/۵۳ درصد بیشترین سهم در دبی اوج سیلاب خروجی از حوضه را بر عهده داشته است. مطابق جدول بزرگترین زیر حوضه اولویت اول را به خود اختصاص داده است. به منظور دستیابی به ویژگی‌های سیلاب بدون تاثیر مساحت هر زیر حوضه، اقدام به تعیین میزان سیلاب خروجی از هر زیر حوضه و مشارکت آن در محل خروجی حوضه برای واحد سطح گردید. نتایج بیان گر تغییر اولویت بندی است به گونه ای که زیر حوضه تیران با داشتن مساحت کم‌تر از زیر حوضه‌های نجف آباد و قلعه ناظر



همایش ملی انتقال آب بین حوضه‌ای (چالش‌ها و فرصت‌ها)

National Conference on Inter-Basin Water Transfer
(Opportunities & Challenges)

شهرکرد - سوم خرداد ۱۳۹۱



بیشترین نقش و مشارکت را داشته است. توزیع مکانی زیر حوضه‌ها نشان می‌دهد که زیر حوضه ی تیران علیرغم طولانی بودن فاصله آن تا خروجی حوضه نسبت به زیر حوضه اصفهان و نجف آباد بیشترین مشارکت در تولید دبی اوج سیلاب را دارد و زیر حوضه اصفهان در محل بازه مورد نظر پس از زیر حوضه قلعه ناظر کمترین مشارکت در سیلاب را داشته که با یافته های خسروشاهی و ثقفیان (۱۳۸۴) در حوضه آبخیز دماوند و یثربی (۱۳۸۴) در حوضه ی آبخیز هراز، روغنی (۱۳۸۲) در حوضه رودک مبنی بر عدم مشارکت بالای زیر حوضه‌های نزدیک به خروجی حوضه‌های مورد بررسی، در دبی اوج سیلاب مطابقت دارد. در صورتیکه بالاتر بودن نسبی میزان CN زیر حوضه اصفهان از دلایل مشارکت بیشتر آن در تولید سیلاب منطقه محسوب می‌شود. نتایج کارآیی مناسب مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS برای اولویت بندی زیر حوضه‌ها و تحلیل مشارکت آن‌ها در پایین دست می‌باشد. همچنین استفاده از بارش طراحی جهت تعیین میزان سیل خیزی زیر حوضه های یک حوضه آبخیز، به این علت که باعث حذف اثرات مکانی یک بارش به خصوص می‌شود روشی نسبتاً مناسب جهت تعیین سیل خیزی زیر حوضه‌ها می‌باشد.

جدول (۴): درصد کاهش در دبی خروجی کل حوضه

اولویت بندی براساس مشارکت در دبی خروجی کل حوضه به ازای واحد سطح	اولویت بندی براساس مشارکت در دبی خروجی کل حوضه	مقدار کاهش در دبی خروجی به ازای واحد سطح	مقدار کاهش در دبی خروجی %	مقدار کاهش در دبی خروجی (cms)	زیر حوضه حذف شده
۴	۴	۰/۰۰۲	۱/۵۰	۲/۶	قلعه ناظر
۱	۲	۰/۰۷۱	۳۶/۵۳	۶۳/۲	تیران
۲	۱	۰/۰۶۸	۵۵/۸۳	۹۶/۶	نجف آباد
۳	۳	۰/۰۳۴	۸/۶۱	۱۴/۹	اصفهان

منابع:

- آذری، م. و صادقی، س. ح. ۱۳۸۷. تعیین مشارکت زیر حوضه های آبخیز جاغرق در دبی اوج و حجم رواناب به منظور اولویت بندی در کنترل سیلاب، مجله جغرافیا و توسعه، پاییز و زمستان ۱۳۸۷، ۱۹۹-۲۱۲.
- ثقفیان، ب. و فرازجو، ح. ۱۳۸۶. تعیین مناطق مولد سیل و اولویت بندی سیل خیزی واحد های هیدرولوژیکی حوزه سد گلستان، مجله علوم و مهندسی آبخیز داری ایران، شماره ۱، ۱۵۶-۱۶۷.
- خسروشاهی، م. و ثقفیان، ب. ۱۳۸۰. تعیین نقش زیر حوضه های آبخیز در شدت سیل خیزی حوضه (مطالعه موردی حوضه آبخیز دماوند)، پایان نامه دکتری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.
- رضوانی، ح. ۱۳۷۷. بررسی علل موثر در سیلاب و ارزیابی عوامل قابل کنترل. مجله جنگل و مرتع، شماره ۲۳، ۲۵-۳۶.



همایش ملی انتقال آب بین حوضه‌ای (چالش‌ها و فرصت‌ها)

National Conference on Inter-Basin Water Transfer
(Opportunities & Challenges)

شهرکرد - سوم خرداد ۱۳۹۱



وغنی، م. و مهدوی، م. غفوری، ع. ۱۳۸۲. معرفی روشی در مکان‌یابی سطوح موثر بر دبی اوج سیل به منظور برنامه‌ریزی مهار سیلاب‌ها و کاهش خسارت آن در حوضه‌های آبخیز کشور، مطالعه موردی حوضه‌ی رودک، مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۶۱، تهران.

قائم‌ی، ه. و مرید، س. ۱۳۷۵. مدل سیل‌خیزی زیر حوضه‌های کرخه، نیوار. شماره ۳۰. مشهد.

یثربی، ب. ۱۳۸۴. اولویت‌بندی زیر حوضه‌های مهم آبخیز هراز بر اساس تولید رواناب، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس.