

تهیه و توسعه اطلس سیل در حوضه های رده هفت جهت کاهش خسارات سیل در حوضه های آبخیز - مطالعه موردی - استان چهارمحال و بختیاری

عبدالنبی عبده کلاهچی^{۱*}، جهانگیر پرهمت^۲، هوشنگ بهروان^۳

- ۱- هیأت علمی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران (kolahchi@scwmri.ac.ir)
۲- هیأت علمی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران (porhemmat@scwmri.ac.ir)
۳- محقق، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران (h.behrawan@areeo.ac.ir)

چکیده

سالانه خسارات و تلفات قابل توجهی بر اثر سیل در مناطق مختلف کشور به مناطق مسکونی و صنعتی، واحدهای تولیدی، اراضی کشاورزی، اراضی مرتعی و جنگلی و محیط زیست وارد می شود. بعلاوه، در دهه های اخیر با افزایش جمعیت و استفاده بیش از حد منابع طبیعی، تخریب پوشش گیاهی و تغییرات کاربری اراضی وقوع سیل های مخرب افزایش یافته است. تهیه و توسعه اطلس و آماده سازی داده های زمانی و مکانی سیل در حوضه های رده هفت استان چهارمحال و بختیاری " با هدف تعیین روش شناسی تلفیق و ترکیب اطلاعات مختلف و شاخص های اصلی و پایه ای مورد نیاز در جهت کاهش خطرات سیل و ایمن تر شدن حوضه های آبخیز تعریف شد. بدین منظور عوامل مؤثر در ایجاد خطر و خسارت سیل، شدت سیل خیزی و محدوده های سیل گیر به عنوان بخشی از سیمای موجود حوضه های آبخیز تعیین شد. بنابراین، برای این کار اطلاعات متعددی از عوامل و پارامترهای مختلف سیل از جمله شدت سیل خیزی، گستره های سیل گیر و خسارات سیل با هم ترکیب و بر اساس آنها اطلس سیل که حاوی اطلاعات مهم سیل می باشد، تهیه شد. شدت سیل خیزی، فراوانی وقوع سیل، خسارات، تلفات جانی و پهنه های سیل گیر، مراکز مسکونی و جمعیت در معرض سیل به همراه حجم آورده های سیلابی سالانه و منحنی های شدت - مدت - فراوانی بارش از جمله اطلاعات مهمی هستند که در تدوین اطلس سیل استفاده شدند. نتایج نشان داد بیشترین کاربری در سطح استان به مراتع (حدود ۴۸ درصد مساحت) و سپس به کاربری زراعت (حدود ۲۱ درصد سطح استان) تعلق دارد. نتایج همپوشانی لایه شدت سیل با لایه کاربری اراضی نشان می دهد که شدت سیل با کاربری مراتع و زراعت دارای بیشترین همپوشانی می باشد. بنابراین شیب و کاربری اراضی مهمترین پارامترهای تأثیر گذار بر شدت سیل خیزی هستند. با استفاده از امتیازبندی خطر سیل و براساس شاخص ها حوضه های کشور نسبت به تعیین خطر سیل اقدام و طبقات خطر سیل برای هر کدام از حوضه های رتبه هفت استان چهارمحال و بختیاری تعیین شد. نتایج نشان می دهد که ۹۸ درصد از مناطق سیل گیر استان در معرض خطر نسبتاً شدید، و ۲ درصد در معرض خطر متوسط قرار دارد. با این وصف ۱۰۰ درصد پهنه های سیل گیر استان در معرض خطر متوسط به بالا می باشد.

واژه های کلیدی: آستانه شروع رواناب، اطلس سیل، شدت سیل خیزی، خسارت سیل، پهنه سیل گیر

مقدمه

سیل از جمله فرآیندهای هیدرولوژیکی است که ابعاد آن تحت تأثیر شرایط مختلف طبیعی و مصنوعی سطحی زمین و نیز شرایط مختلف اقلیمی تغییر می‌کند. این پدیده طبیعی در صورت مهار و کنترل، از منابع آب مورد استفاده در توسعه اقتصادی بوده و منافع زیادی را در بخش کشاورزی و منابع طبیعی و نیز تأمین آب شرب و صنعت سبب می‌شود. در صورت عدم شناخت و عدم کنترل و مهار آن، از بلاای طبیعی به شمار آمده و خسارات و تلفات جانی همواره در پی خواهد داشت. یکی از ویژگی‌های بسیار مهم حوضه آبخیز، شدت سیل خیزی آن است. شدت سیل خیزی توأم با ویژگی‌هایی نظیر: مقادیر سیلاب‌های با تواتر مختلف، میزان فراوانی وقوع سیلاب‌ها و تاریخچه اتفاقاتی که رویدادهای گذشته در آن حوضه رخ داده است، از بارزترین ویژگی حوضه می‌باشد. به‌طور کلی شدت سیل خیزی، وضعیت سیلاب در هر حوضه را مشخص می‌کند. با این وصف، هدف از پژوهش حاضر روش تعیین وضعیت سیل در حوضه‌های رتبه هفت استان آذربایجانغربی است. علاوه بر این، خسارات و خطرات سیل بر اساس آمار و اطلاعات ثبت شده در گذشته تحلیل شده است. در این بخش پهنه‌های سیل‌گیر، از دیگر ویژگی‌های مهم سیل، مورد بررسی قرار گرفت. افزون بر این، تهیه نقشه‌ای که مجموعه اطلاعات سیل شامل شدت سیل خیزی، خطر و خسارات سیل و نیز مجموعه‌ای از اطلاعات ویژگی‌های عمومی رگبارها و مؤلفه‌های آبدی سالانه را در بر داشته باشد مورد توجه می‌باشد، تا اطلاعات پایه و ضروری مدیریت حوضه‌های آبخیز با سهولت و یکپارچه در دسترس قرار گیرد.

علل بروز سیل به‌طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شود که شامل علل فیزیکی و علل وابسته به فعالیت‌های بشری می‌باشد. شدت زیاد بارندگی غالباً همراه با طوفان و بارندگی متمرکز به یک سمت می‌باشد. در صورتی که بارش با شدت زیاد در سطحی از یک منطقه یا حوضه روی دهد، تجمع رواناب سطحی موجب شکل‌گیری و وقوع سیل می‌شود. ذوب شدن برف یکی دیگر از عوامل وقوع و یا تشدید سیل است. این پدیده به ویژه زمانی رخ می‌دهد که در هنگام بارندگی درجه حرارت بالا رفته و سبب ذوب برف می‌شود. سیل‌های بهاری ممکن است بر اساس جاری شدن آب حاصل از ذوب برف باشند.

شرایط افزایش سیل به عوامل دیگری هم بستگی دارد و در صورت تشدید آن‌ها جریان بیشتری از بارندگی به رواناب تبدیل می‌شود. تعدادی از این عوامل به نوع و شکل هندسی حوضه مربوط می‌شود، و یا عوامل دیگری مثل تخریب سد، سیل را با سرعت و تندی جریان را به طور نمایی افزایش می‌دهد.

از دیگر شرایط افزایش سیل می‌توان فعالیت‌های بشری یا تغییرات محیطی مانند تبدیل مناطق جنگلی به مناطق کشاورزی یا اسکان یافتن در این نواحی و یا از بین بردن جنگل‌ها را نام برد. تغییر کاربری اراضی بخصوص از بین بردن جنگل‌ها و ایجاد جاده‌ها و خانه‌سازی از جمله عوامل انسانی وقوع و یا تشدید سیل می‌باشند. همچنین توسعه شهری به دلیل تولید سطوح غیر قابل نفوذی مثل خیابان‌ها، جاده‌ها و پشت بام‌ها و یا ایجاد سطوح هموار ساختمانی که موجب تجمع رواناب‌های سطحی در شبکه‌های زهکشی سطحی و زیرزمینی شهری می‌شوند، از دیگر عوامل انسانی وقوع و یا تشدید سیل می‌باشند. علاوه، احداث پل و یا تأسیسات دیگر بر روی مسیل‌های طبیعی رودخانه که موجب کاهش ظرفیت آبدردی این تأسیسات می‌شود از جمله دیگر عوامل انسانی وقوع و یا تشدید سیل می‌باشد.

امروزه جهان با مخاطرات بی سابقه‌ای مواجه بوده بطوری که بر اساس گزارش Guha-Sapir و همکاران (۲۰۰۴) در حد فاصل دهه ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۳ بطور متوسط هر سال ۲۵۵ میلیون نفر در معرض مخاطرات طبیعی قرار گرفته‌اند. از طرفی در بین مخاطرات طبیعی، سیل یکی از مهمترین آنها می‌باشد (Zhang و همکاران، ۲۰۰۲؛ Kubal و همکاران، ۲۰۰۹؛ Okazawa و همکاران، ۲۰۱۱). بررسی‌های انجام شده در کشور ایران نشان می‌دهد که طی پنج دهه شامل دهه ۱۳۳۰ الی دهه ۱۳۸۰ تعداد رخداد‌های سیل روندی به شدت افزایشی داشته است، به گونه‌ای که تعداد آن در ۵ دهه مذکور به ترتیب ۱۹۳، ۲۸۱، ۴۴۲، ۱۰۲۶ و ۱۳۳۱ رویداد گزارش شده است و میزان خسارت نیز در همین دوره از روندی به مراتب بیشتر برخوردار بوده است به گونه‌ای که میزان آن در دوره ۸۰-۷۱ حدود ۲۵۰ درصد نسبت به دوره ۴۰-۳۱ می‌باشد (پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۳۸۶-الف). بررسی این آمار حکایت از بزرگی خسارت وارده از طریق سیلاب بر منابع اقتصادی و از همه بیشتر به جوامع انسانی و کانون‌های اجتماعی بخش کشاورزی است و لذا تدوین برنامه‌ریزی مدیریت سیلاب امری اجتناب‌ناپذیر است. یکی از ابزارهای مورد نیاز اجرای چنین برنامه‌هایی در اختیار داشتن

نقشه‌های خسارت سیل و مناطق سیل‌خیز می‌باشد تا بر اساس آن بتوان در سطح ملی و استانی نسبت به اولویت‌بندی در امر مسائل پیش‌بینی و اقدامات پیش‌گیرانه و حمایتی در مناطق با احتمال خسارت بیشتر برنامه‌ریزی کرد.

Linsley و همکاران (۱۹۸۷، ۱۹۹۲) به برآورد و آنالیز خسارات سیل و شناخت نقاط آسیب‌پذیر و تحلیل اقتصادی روش‌های مختلف مهار سیلاب پرداخته‌اند. Flug و Ahmad (۱۹۹۰) روشی را ارائه نمودند که با امتیاز دهی و اولویت‌بندی می‌توان گزینه‌های مناسب و نامناسب در مدیریت سیلاب را تفکیک کرد. Ragade و همکاران (۱۹۷۶) روشهای مختلف ارزیابی پارامترهای کمی در سیستم تصمیم‌گیری در پروژه‌های آبی و مهار سیلاب را بررسی نمودند. غواصه (۱۳۷۶) نیز روشی را جهت مطالعه روشهای کاهش خسارت سیل در حوضه آبخیز دره شور ایلام معرفی نمود که در آن با عوامل وقوع تشدید خسارات به صورت جامع مطالعه شده و خسارت‌های مختلف و قسمت‌های آسیب‌پذیر شناسایی می‌گردد و غفاری (۱۳۷۹) ضمن بررسی عوامل مؤثر در وقوع و تشدید خسارت سیل، شاخص‌هایی را برای ارزیابی میزان خسارات و اولویت‌بندی انجام عملیات در قالب تجزیه و تحلیل اطلاعات پرسشنامه‌ای بررسی نموده‌اند. Vijayalakshmi و Jinesh Babu (۲۰۱۰) فراوانی وقوع و ارتفاع سطح آب سیل را به عنوان مؤلفه‌های اصلی خطرات سیل بر شمرده‌اند. Gaume و همکاران (۲۰۰۹) اعلام نمودند که سیل‌های مهیب یکی از مهمترین مخاطرات طبیعی بوده و تلفات جانی و خسارات اقتصادی قابل توجهی در پی دارند. سیل یکی از مهمترین مخاطرات طبیعی در اروپا بوده و طی دهه ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۶ حدود ۱۰۰ میلیارد دلار خسارت داشته است (de Moel و همکاران، ۲۰۱۲).

Chow (۱۹۷۵) برای ساماندهی و تقسیم‌بندی سیل، شاخص‌هایی را برای سیل تعریف نموده که شامل (۱) تواتر رخداد دوباره سیل مؤثر بر فعالیت‌های کشاورزی (۱۰ ساله ۲) مدیریت مناطق اطراف مخروط افکنه‌ها سیلاب (۲۵ ساله ۳) مدیریت مناطق مسکونی و شهری سیلاب‌های در ابعاد منطقه‌ای می‌باشند.

Gaume و همکاران (۲۰۰۹) اطلاعات وقایع سیلاب‌های حدی مشاهده‌ای اروپا را تحلیل و اطلاعات آنها را در یک پایگاه به عنوان اطلس سیل‌های بزرگ تدوین نمودند. Droubi (۲۰۱۰) اطلس سیل را برای مصر و کشورهای هم‌جوار عربی شامل اطلاعات محل وادی، مدل رقومی ارتفاع، شیب سطح زمین، حجم رواناب سیل با دوره برگشت ۵۰ تا ۱۰۰ ساله، خطر سیل، شدت سیل و سازه‌های موجود استحصال آب معرفی نمودند. شریفی و همکاران (۱۳۸۵) گزارش کردند روش‌های متعددی برای برآورد رواناب حاصل از بارندگی در حوزه‌های آبخیز وجود دارد. یکی از این روش‌ها، استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی است. مدل‌های هیدرولوژیکی این امکان را می‌دهند با شبیه‌سازی فرآیند رواناب - بارش، رواناب حاصل از بارندگی در حوضه‌هایی که جریان رودخانه اندازه‌گیری شده با کمینه زمان ممکن و کم‌ترین هزینه ارزیابی شود. پرهت و همکاران (۱۳۹۴) در چندین حوضه کشور آستانه رواناب را با استفاده از شبیه‌ساز باران در مقیاس پلات و نیز دی‌سنجی در مقیاس حوضه مورد بررسی قرار داده و نتیجه‌گیری نمودند که آستانه رواناب در آزمایشات انجام شده در مقیاس پلات نتایج متفاوتی را دارا می‌باشد. این پارامتر در حوضه‌های کارستی دارای مقادیری با مرتبه چند برابری نسبت به حوضه‌های غیر کارستی می‌باشد. همچنین آستانه رواناب در مناطق غیر کارستی علاوه بر بافت خاک، به شدت بارش و نوع پوشش نیز وابسته می‌باشد.

Wright و همکاران (۲۰۱۰) اطلس سیل را به عنوان مجموعه‌ای از نقشه‌های رقومی و بانک داده به همراه جداول، شکل‌ها و اطلاعات تکمیلی تعریف نموده‌اند که بطور سیستماتیک موضوعات مرتبط با سیل را نمایش دهد. پرهت (۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) هفت عامل شامل شدت سیل خیزی، فراوانی وقوع سیل، خسارات سیل، تلفات جانی سیل، جمعیت در معرض سیل، مراکز مسکونی و اراضی در معرض سیل (پهنه سیل گیر) را به عنوان پارامترهای اصلی خطر سیل معرفی نمود.

با مرور سوابق فوق می‌توان نتیجه گرفت که اولاً شکل‌گیری رواناب به عوامل متعددی وابسته بوده و نه تنها در سطح حوضه‌های مختلف متفاوت است، بلکه در یک سطح معین بر اساس رژیم بارش (نوع، شدت و دوام) و نیز رطوبت پیشین که در طول زمان ثابت نیستند، تغییر می‌یابد. با این وصف برای اطلس سیل یک الگوی مشخص و یا مدل مشخصی وجود ندارد و افراد و سازمانهای مختلف در سطح جهان بر حسب مقتضای نیاز خود یک یا چند بخش از اطلاعات مرتبط با ابعاد سیل و خطرات آن و یا وسعت محدوده‌های سیل گیر را به عنوان اطلس سیل منظور نموده‌اند.

به منظور کاهش خسارات و تلفات سیل و بهبود در مدیریت کلان، شناخت پارامترهای مختلف هیدرولوژیکی و پتانسیل سیل‌خیزی

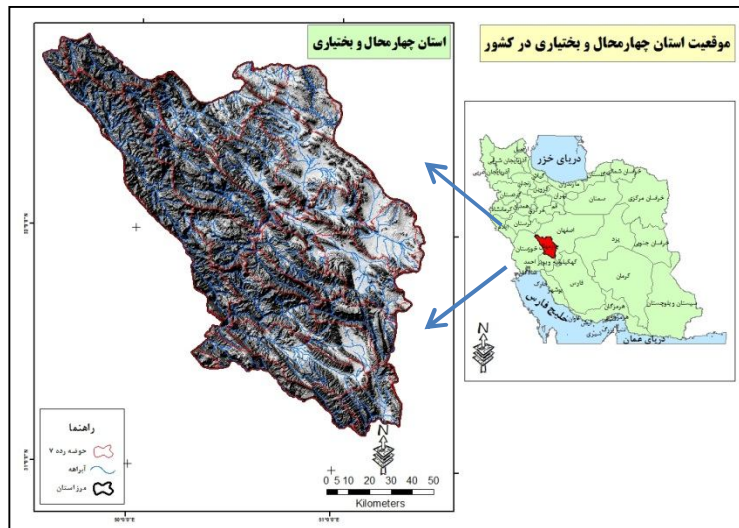
حوضه های آبخیز و عوامل دخیل در وقوع و شکل گیری سیل امری ضروری است. مقدار بارش برای شروع تولید رواناب (آستانه شروع رواناب) و همچنین شناسایی عوامل مؤثر در سیل خیزی در تصمیم گیری برای انتخاب هرگونه طراحی عملیات مهار و یا کاهش خسارات سیل از اهمیت ویژه ای برخوردار است. با توجه به اهمیت شناخت فراوانی، شدت و خطر سیل در برنامه های مدیریت حوضه های آبخیز، تهیه نقشه های فراوانی وقوع، شدت و پهنه بندی خطر سیل یک نیاز اساسی است که معمولاً در قالب اطلس ارائه می شوند. این اطلس ها مجموعه های مدونی از نقشه ها، تصاویر و گزارش های مرتبط هستند که با نظمی خاص و با توجه به نیاز کاربران تهیه می شوند که در این پژوهش تلاش گردید تحت عنوان اطلس سیل خیزی استان چهارمحال و بختیاری تدوین و ارائه شود.

مواد و روش ها

در این پژوهش ابتدا آمار و اطلاعات گسترده ای از ابعاد و عوارض مختلف سیلاب های ادوار گذشته جمع آوری و مورد استفاده قرار گرفت. بدین منظور عوامل مؤثر در ایجاد خطر و خسارت سیل، شدت سیل خیزی و محدوده های سیل گیر به عنوان بخشی از سیمای موجود حوضه های آبخیز تعیین شد. بنابراین، برای این کار اطلاعات متعددی از عوامل و پارامترهای مختلف سیل از جمله شدت سیل - خیزی، گستره های سیل گیر و خسارات سیل با هم ترکیب و بر اساس آنها اطلس سیل که حاوی اطلاعات مهم سیل می باشد، تهیه شد. شدت سیل خیزی، فراوانی وقوع سیل، خسارات، تلفات جانی و پهنه های سیل گیر، مراکز مسکونی و جمعیت در معرض سیل به همراه حجم آورده های سیلابی سالانه و منحنی های شدت - مدت - فراوانی بارش از جمله اطلاعات مهمی هستند که در تدوین اطلس سیل استفاده شدند. اطلاعات پایه مورد نیاز این بخش از بانک اطلاعات سیل سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری کشور و دفتر مطالعات پایه منابع آب وزارت نیرو برای دوره ۵۰ ساله ۱۳۳۳ تا ۱۳۸۳ دریافت شد. سپس، وقایع ثبت شده پس از پردازش اولیه و تعیین موقعیت مکانی هر کدام به نقشه های رقومی تبدیل و به تفکیک محل وقوع این رخدادها بر حسب زیرحوضه های رتبه هفت تنظیم شدند.

استان چهارمحال و بختیاری در بخش مرکزی و در بستر سلسله جبال زاگرس واقع شده است. که با وجود مساحت کم ده درصد از منابع آب کشور را در اختیار دارد. به علت ماهیت کوهستانی مرتفع، که در مسیر بادهای مرطوب سیستم های مدیترانه ای قرار داشته و موجب صعود و تخلیه بار این سامانه ها می گردد، این استان دارای بارش نسبتاً مناسب می باشد. غالباً در مناطق مرتفع نوع بارش به صورت برف می باشد و وجود ارتفاعات پوشیده از برف یکی از ویژگی های اقلیمی این استان است. به علت جوان بودن دوره کوه زایی، در این منطقه وجود بلایا و مخاطرات طبیعی بسیاری چون سیل و زلزله، رانش زمین در اکثر نقاط آن مشاهده می شود. همچنین سرمازدگی، خشکسالی و رعد و برق از دیگر بلایای طبیعی آن می باشد.

ریزشهای جوی و برف و باران منشاء سرشاخه های رودخانه کارون و زاینده رود هستند و آبخیزهای این دو رودخانه را به ترتیب ۱۳۸۰۰ و ۲۷۲۰ کیلومتر مربع شامل می شود. ارتفاعات زاگرس حوضه آبخیز رودخانه های زاینده رود، کارون و کرخه و دز را تشکیل می دهد و با توجه به حجم نزولات جوی و پایین بودن سطح تبخیر و موقعیت نسبتاً مناسب تشکیلات زمین شناختی قسمت اعظم آبهای سطح الارضی و تحت الارضی کشور به میزان ۴۵ تا ۵۰ درصد را تامین می کند. شکل (۱) موقعیت استان در کشور و همچنین حوضه های رده هفت را نشان می دهد.



شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور

با توجه به این که مرز سیاسی استان از طبیعت پیروی نمی کند لذا در محیط نرم افزار Arc GIS حوضه های رده هفت که در درون مرز سیاسی استان واقع می باشد استخراج و در شکل (۱) ارائه شده است.

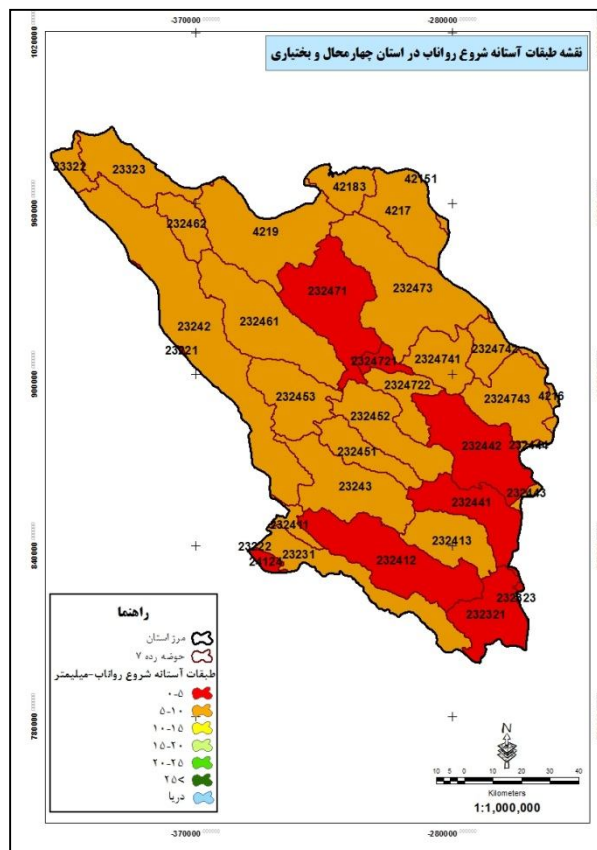
بنابراین، به منظور برآورد رواناب سطحی حوضه های آبخیز کشور، اطلاعات ۱۰۹۸ ایستگاه هیدرومتری در سطح کشور تهیه و پس از دسته بندی ایستگاه ها بر مبنای سال های آماری، ایستگاه هایی که بین ۵ تا ۱۴ سال آمار داشتند، بازسازی شده و سال های آماری همه آن ها که تعدادشان ۴۰۳ مورد بود به ۱۵ سال رسید. ارتفاع رواناب کلیه ایستگاه ها با دوره برگشت های ۲ الی ۲۰۰ ساله برآورد و سپس حجم رواناب آن ها با همان دوره برگشت محاسبه شد.

به منظور تهیه اطلس سیل، مؤلفه های اطلس شامل دو دسته، مؤلفه های نقطه ای و مؤلفه های پهنه ای در سطح می باشند. برای اطلاعات نقطه ای از عوامل مختلف هیدرولوژیکی و هواشناسی استفاده شد. این عوامل شامل حجم کل جریان، حجم کل رواناب سطحی سالانه با دوره برگشت ۵۰ ساله، اطلاعات منحنی شدت - مدت - فراوانی شامل مقدار بارش ۶ ساعته با دوره بازگشت ۵۰ ساله و ضرایب رابطه شدت - مدت - فراوانی برای بارش با دوره بازگشت ۵۰ ساله می باشند. این مؤلفه ها به ترتیب در محل ایستگاه های هیدرومتری و ایستگاه های سینوپتیک برآورد شدند. همچنین، بر اساس تحلیل های منطقه ای و احتمالاتی دبی حداکثر لحظه ای با دوره بازگشت های مختلف برای هر کدام از حوضه های رتبه هفت کشور برآورد شد. بر این اساس نقشه اطلس سیل با دو دسته اطلاعات شامل اطلاعات نقطه ای و اطلاعات پهنه ای تنظیم و تهیه شد. اطلاعات مندرج در نقشه اطلس سیل شامل شدت سیل خیزی بوده که برای هر حوضه رتبه هفت به صورت یک رنگ که نمایانگر شدت سیل خیزی است در زمینه نقشه ارائه شده است. همچنین، طبقات خطرات سیل در پهنه های وقوع سیل با رنگ های معینی ارائه شده اند. علاوه بر دو نوع اطلاعات پهنه ای فوق، اطلاعات مربوط به ویژگی رگبارهای ۶ ساعته به عنوان رگبار شاخص در محل ایستگاه های سینوپتیک نمایش داده شده است. همچنین، در محل ایستگاه های هیدرومتری ویژگی های جریان سالانه با دوره بازگشت ۵۰ ساله شامل حجم کل جریان و حجم مؤلفه رواناب سالانه ارائه شد. در نقشه اطلس سیل مرز حوضه های رتبه هفت، مراکز جمعیتی شهری و روستایی و رودخانه های سطح استان نیز ارائه شده است. لازم به یادآوری است که طبقات خطر سیل بر اساس شش عامل شامل فراوانی وقوع سیل، خسارات سیل، تلفات جانی سیل، جمعیت در معرض سیل، مراکز مسکونی در معرض سیل، و پهنه های در معرض سیل (پرهت و قرمزچشمه، ۱۳۸۵) تهیه و تنظیم شد. مدل AWBM که در سال ۱۹۹۳ به وسیله Boughton تکمیل شد، یکی از انواع مدل های بارش - رواناب است که قادر است رواناب را از بارش روزانه یا ساعتی محاسبه نماید. کاربرد نتایج نوع روزانه مدل در مطالعات مدیریت و استحصال آب و نتایج نوع ساعتی برای محاسبات طراحی سیل است (شریفی، ۱۳۸۵ و بهروان و دیگران، ۱۳۹۳). این مدل با تقسیم اثر تغییرپذیری ظرفیت ذخیره حوضه به سه ظرفیت ذخیره $(C1, C2, C3)$ و برآورد سطوح هر یک از این ظرفیت ذخیره ها $(A1, A2, A3)$ ، رواناب حاصل از هر یک از این سطوح را با استفاده از

داده‌های روزانه بارش، دبی و تبخیر و تعرق و با کمک بهینه‌سازی پارامترهای آن در حوضه‌ها شبیه‌سازی می‌کند. نتایج حاصل از این مدل در حوضه‌های استرالیا نشان داده که مدل از قابلیت بالایی در پیش‌بینی رواناب برخوردار است.

نتیجه گیری

پارامترهای مدل AWBM مطابق روش تحقیق برای تعیین آستانه رواناب تعیین شد. بنابراین، ابتدا با کمک بهینه‌سازی پارامترهای مدل با استفاده از داده‌های بارش روزانه، دبی و تبخیر و تعرق تعیین شد. سپس در مدل با تقسیم اثر تغییرپذیری ظرفیت ذخیره حوضه به سه ظرفیت ذخیره و برآورد سطوح هر یک از این ظرفیت ذخیره‌ها رواناب حاصل از هر یک از این سطوح شبیه‌سازی شد. آستانه شروع رواناب بدست آمده از مدل AWBM، در پنج کلاس شامل ۵-۰ میلی‌متر، ۱۰-۶ میلی‌متر، ۱۵-۱۱ میلی‌متر، ۲۰-۱۶ میلی‌متر و بیش از ۲۰ میلی‌متر تقسیم‌بندی و بر این اساس نقشه پهنه‌بندی آستانه رواناب استان به تفکیک حوضه‌های رتبه هفت تهیه شد. شکل (۲) نتایج پارامتر C1 که به عنوان شاخص آستانه رواناب در مدل می‌باشد را برای حوضه‌های رده هفت استان چهارمحال و بختیاری نشان می‌دهند که مقادیر آستانه رواناب استان در دامنه ۲ تا ۱۵ میلی‌متر می‌باشد. همچنین، آستانه رواناب پهنه استان عمدتاً طبقه ۵ تا ۱۰ میلی‌متر بوده (با مساحت ۷۵/۲۶ درصد) و پهنه صفر تا ۵ میلی‌متر (۲۴/۷۴ درصد مساحت) فقط در هشت واحد رتبه هفت برآورد شده است. بعلاوه آستانه رواناب طبقه ۱۰ تا ۱۵ میلی‌متر تنها در یک واحد از ۳۴ واحد استان (واحد ۴۲۱۵۱) مشاهده شده است.



شکل ۲: نقشه طبقات آستانه شروع رواناب در حوضه‌های رده هفت استان چهارمحال و بختیاری

مطابق روش تحقیق پهنه‌های سیل‌گیر از تصاویر ماهواره‌ای ETM+ سال ۲۰۰۲ استخراج و تعیین شد. سپس برای هر کدام از حوضه‌های رتبه هفت با روی هم‌گذاری لایه پهنه سیل‌گیر و لایه مرز حوضه‌های رتبه هفت مساحت پهنه سیل‌گیر برای هر کدام از حوضه‌های رتبه هفت استخراج شد. علاوه بر این حوضه‌های با مقادیر حدی متوسط، حداکثر و حداقل درصد پهنه سیل‌گیری مشخص

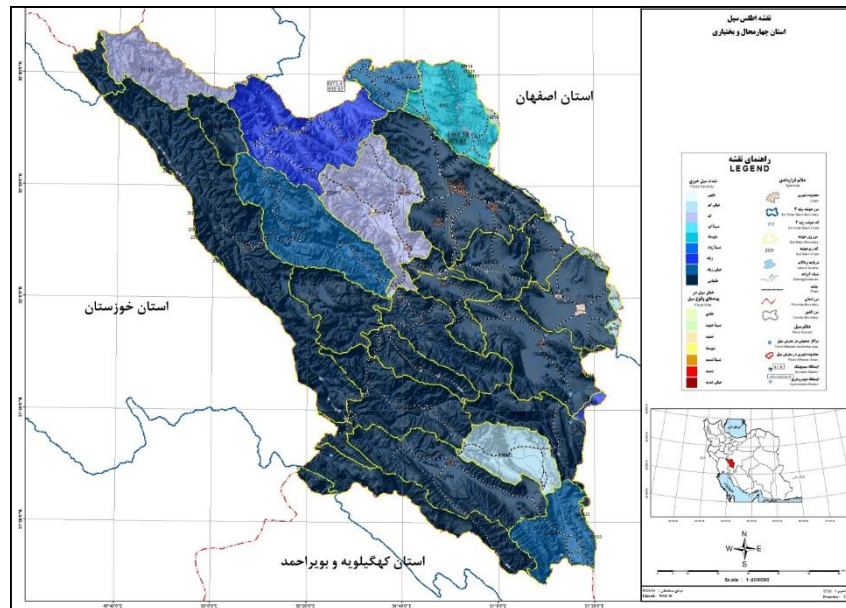
شد، که جدول (۱) نتایج را نشان می‌دهد. جدول (۱) نشان می‌دهد که حوضه ۲۳۲۴۷۲۱ با ۶.۳۶ درصد مساحت بیشترین درصد از مساحت آن در معرض سیل‌گیری است و حوضه ۲۳۲۴۶۱ با مساحتی حدود ۱۰۲۳.۱۶ کیلومترمربع، با ۰.۲۰ درصد مساحت، کمترین درصد از سطح آن در معرض سیل‌گیری است. همچنین کل حوضه‌های رده هفت استان دارای ۱۲۵.۵۹ کیلومترمربع وسعت پهنه سیل‌گیر است که معادل ۰.۵۹ درصد مساحت حوضه‌های رده هفت سیل‌گیر استان می‌باشد.

جدول (۱) دامنه مقادیر حدی پهنه‌های سیل‌گیری استان چهارمحال و بختیاری (مساحت حوضه (کیلومتر مربع)

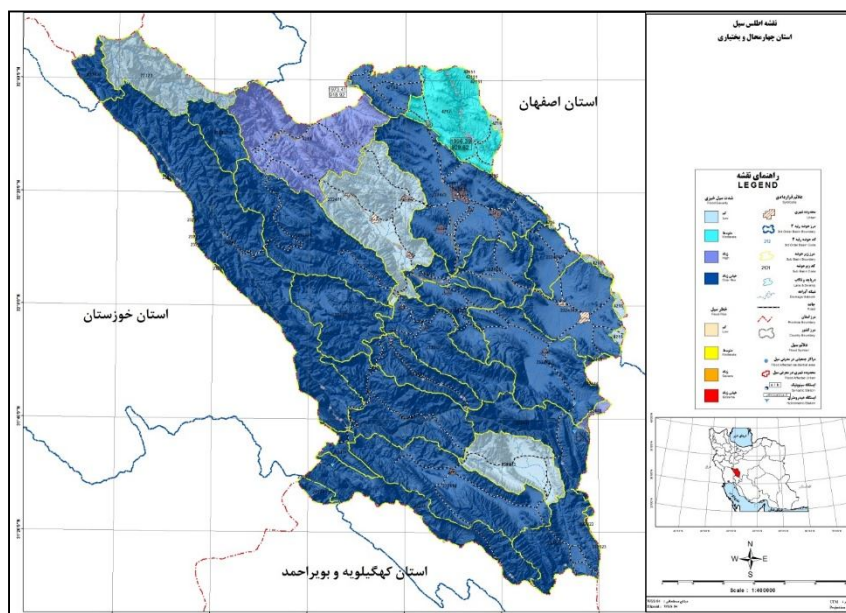
| کد حوضه رده هفت | مقادیر حدی | مساحت حوضه | مساحت پهنه خطر سیل‌گیر | درصد مساحت پهنه سیل‌گیر |
|-----------------|---------------------------|------------|------------------------|-------------------------|
| ۲۳۲۴۴۳ | معادل متوسط حسابی حوضه‌ها | ۸۱۴.۴۸ | ۲.۰۹ | ۱.۳۲ |
| ۲۳۲۴۶۱ | حداقل درصد پهنه سیل‌گیری | ۱۰۲۳.۱۶ | ۰.۲۰ | ۰.۰۲ |
| ۲۳۲۴۷۲۱ | حداکثر درصد پهنه سیل‌گیری | ۱۱۰.۳۵ | ۷.۰۲ | ۶.۳۶ |
| کل استان | | ۲۱۰۲۳.۹۲ | ۱۲۵.۵۹ | ۰.۵۹ |

تلفیق نتایج و معرفی اطلس سیل

یکی از ویژگی‌های بسیار مهم حوضه آبخیز، قابلیت سیل‌خیزی آن می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از اطلاعات نقطه‌ای و پهنه‌ای، آستانه شروع رواناب، شدت و خطر سیل برآورد و سپس در دو دسته‌بندی ارائه شد. دسته بندی اول دارای هفت طبقه خطر سیل و نه طبقه شدت سیل‌خیزی و دسته‌بندی دوم در چهار کلاس طبقه خطر سیل و چهار کلاس شدت سیل‌خیزی ارائه شد. طبقات خطر سیل شامل عادی، نسبتاً خفیف، خفیف، متوسط، نسبتاً شدید، شدید و خیلی شدید و طبقات شدت سیل‌خیزی نیز شامل کلاسهای ناچیز، خیلی کم، کم، نسبتاً کم، متوسط، نسبتاً زیاد، زیاد، خیلی زیاد و طغیانی می‌باشد. همچنین در دسته‌بندی دوم خطر سیل شامل کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد و شدت سیل‌خیزی شامل کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد می‌باشد. در این اطلس عوامل هواشناسی و هیدرولوژیکی شامل حجم کل جریان، حجم کل رواناب سطحی سالانه و ضرایب رابطه شدت - مدت - فراوانی برای بارش با دوره بازگشت تا ۵۰ ساله برای حوضه‌های رده هفت استان چهارمحال و بختیاری نمایش داده شده است. همچنین، براساس تحلیل منطقه‌ای و احتمالاتی، دبی ویژه حداکثر لحظه‌ای با دوره بازگشت‌های مختلف، آستانه شروع رواناب و فرمول‌های تجربی محاسبه سیل طراحی در شرایط مختلف برای هرکدام از حوضه‌های رتبه هفت برآورد و ارائه شده است. نقشه اطلس سیل با دو دسته اطلاعات شامل اطلاعات نقطه‌ای و اطلاعات پهنه‌ای تنظیم و تهیه شد. اطلاعات مندرج در نقشه اطلس سیل شامل شدت سیل‌خیزی است که برای هر حوضه رتبه هفت به صورت یک رنگ که نمایانگر شدت سیل‌خیزی است در زمینه نقشه ارائه شده است. همچنین طبقات خطرات سیل در پهنه‌های وقوع سیل با رنگ‌های معینی ارائه شده‌اند. علاوه بر دو نوع اطلاعات پهنه‌ای فوق، اطلاعات مربوط به ویژگی رگبارهای ۶ ساعته به عنوان رگبار شاخص در محل ایستگاه‌های سینوپتیک نمایش داده شده است. همچنین در محل ایستگاه‌های هیدرومتری ویژگی‌های جریان سالانه با دوره بازگشت ۵۰ ساله شامل حجم کل جریان و حجم مؤلفه رواناب سالانه ارائه شده است. شکل (۳) اطلس سیل استان چهارمحال و بختیاری را براساس روش طبقه‌بندی تعریف شده در دسته‌بندی اول و شکل (۴) اطلس سیل استان را در دسته‌بندی دوم نشان می‌دهد.



شکل (۳) نقشه اطلس سیل استان چهارمحال و بختیاری بر اساس طبقه بندی ۹*۷ خطر سیل و شدت سیل خیزی



شکل (۴) اطلس سیل استان چهارمحال و بختیاری بر اساس کلاس های ترکیب شده خطر و شدت سیل با طبقه بندی ۴*۴ خطر سیل و شدت سیل خیزی

تحلیل نتایج

در این پژوهش بررسی عوامل مهم و نیز نحوه تهیه اطلس حوضه های رتبه های هفت استان آذربایجان غربی انجام شد. در این راستا در بخش های مختلف پژوهش پارامترهای هیدرولوژیکی مختلف از جمله آستانه شروع رواناب، دبی حداکثر لحظه ای حوضه ها، شدت سیل خیزی و کلاس خطر مورد بررسی و نتایج پژوهش ارائه شد. نتایج تحقیق در برآورد آستانه شروع رواناب با استفاده از مدل AWBM نشان داد که بیشترین مساحت استان دارای آستانه شروع رواناب بین ۵ تا ۱۰ میلی متر است. این محدوده آستانه شروع رواناب در استان چهارمحال و بختیاری قریب ۷۵.۲۶ درصد کل حوضه های استان می باشد. پهنه صفر تا ۵ میلی متر (۲۴.۷۴ درصد مساحت) فقط در هشت واحد رتبه هفت برآورد شده است بعلاوه آستانه رواناب طبقه ۱۰ تا ۱۵ میلی متر تنها در یک واحد از ۳۴ واحد استان (واحد ۴۲۱۵۱) مشاهده شده است.

بنابراین، با توجه این که هرچه آستانه شروع رواناب کمتر باشد نشان از قابلیت نفوذپذیری کمتر و در نتیجه سیل خیزی بیشتر است، بیشتر پهنه های حوضه های استان مستعد تبدیل بارش به رواناب است. همچنین نتایج پژوهش نشان داد که بالاترین مقدار آستانه شروع رواناب در حوضه کد ۴۲۱۵۱ برابر با ۱۵ میلی متر است که دبی حداکثر لحظه ای ویژه آن برابر با ۰.۱۴ مترمکعب بر ثانیه در کیلومتر مربع برآورد شده است. کمترین مقدار آن نیز در حوضه های ۲۴۱۲۴، (کارون گنه) ۲۳۲۴۴۱، ۲۳۲۴۷۱ برابر با ۲ میلی متر که دبی ویژه حداکثر لحظه ای آنها به ترتیب ۹۸.۴۷، ۱.۱ و ۰.۲۱ مترمکعب بر ثانیه در کیلومتر مربع است. هم چنین حوضه های ۲۳۲۴۵۱، ۲۳۲۴۵۲، ۲۳۲۴۱۱ با ۵ میلی متر مقدار آستانه دارای دبی ویژه حداکثر لحظه ای ۹/۵، ۱۸/۳، ۴۰/۳۸ مترمکعب بر ثانیه در کیلومتر مربع میباشند.

نتایج نشان می دهد حوضه ۲۳۲۴۱۱ با مساحت ۱۰۰/۷۹ کیلومتر مربع در دوره برگشت های ۵۰ ساله و بیشتر دارای حداکثر شدت سیل خیزی و این حوضه در دوره برگشت های کمتر از ۵۰ سال نیز حداکثر شدت سیل خیزی را به خود اختصاص داده است. نتایج دیگر پژوهش نشان می دهد که از بین حوضه های استان، حوضه کارون گنه (کد ۲۳۲۴۴۱) با مساحت ۱۸۷ کیلومتر مربع در محدوده استان با دبی ویژه حداکثر لحظه ای ۹/۱۸ مترمکعب بر ثانیه در کیلومتر مربع دارای بیشترین مقدار و حوضه زاینده رود میانی ۲ (کد ۴۲۱۶) با مساحت ۳۳۹۷/۷۴ کیلومتر مربع در محدوده استان با دبی ۰/۰۹ مترمکعب بر ثانیه در کیلومتر مربع دارای کمترین دبی ویژه حداکثر لحظه ای با دوره بازگشت ۵۰ ساله می باشد.

علاوه بر این نتایج پژوهش نشان می دهد که براساس دبی حداکثر لحظه ای با دوره بازگشت ۵۰ ساله که به عنوان شاخص سیل خیزی حوضه ها انتخاب شده است، ۴۴/۸۸ درصد کل مساحت استان در وضعیت سیل خیزی خیلی کم قرار دارد. همچنین کلاس شدت سیل خیزی خیلی زیاد تا طغیانی سطحی برابر با ۴۶۶۸/۶ کیلومتر مربع (۱۰/۲۳ درصد کل مساحت استان) را به خود اختصاص داده است.

با توجه به اینکه هرچه آستانه شروع رواناب در مدل برآورد بارش رواناب AWBM کمتر باشد نشان از نفوذناپذیری بیشتر و در نتیجه سیل خیزی بیشتر دارد، مقدار آستانه شروع رواناب در حوضه های با شدت سیل خیزی طغیانی بین ۲ تا ۷ میلی متر که شامل حدود ۶۵ درصد حوضه های کارون و گاوخونی می باشد. بیشترین کاربری در سطح استان به مراتب (حدود ۴۸ درصد مساحت) و سپس به کاربری زراعت (حدود ۲۱ درصد سطح استان) تعلق دارد. نتایج همپوشانی لایه شدت سیل با لایه کاربری اراضی نشان می دهد که شدت سیل با کاربری مراتب (۵۰ درصد) و زراعت (۱۶ درصد) دارای بیشترین همپوشانی می باشد. بنابراین شیب و کاربری اراضی مهمترین پارامترهای تأثیر گذار بر شدت سیل خیزی هستند.

پهنه های سیل گیر در استان استان چهارمحال و بختیاری دارای دامنه وسیعی می باشد، به طوری که از حداقل قریب به کمتر از یک کیلومتر مربع تا ۲۰ کیلومتر مربع را در حوضه های مختلف رده هفت دربر می گیرد. علاوه بر این حوضه های با مقادیر حدی متوسط، حداکثر و حداقل درصد پهنه سیل گیری مشخص شد، که حوضه ۲۳۲۴۲ با ۲۴.۵۱ درصد مساحت بیشترین درصد از مساحت آن در معرض سیل گیری است و حوضه ۲۳۳۲۳ با مساحتی حدود ۰.۹۹ کیلومتر مربع که تقریباً یک درصد مساحت حوضه است کمترین درصد از سطح آن در معرض سیل گیری است. لازم به ذکر است که حوضه ۲۳۳۲۳ با وسعت ۲۸۸۴.۵۶ کیلومتر مربع بیشترین پهنه سیل گیری را دارا است.

تشکر و قدردانی

مقاله مذکور از "گزارش طرح ملی تهیه و توسعه اطلس و آماده سازی داده های زمانی و مکانی سیل در حوضه های رده هفت کشور" استخراج گردیده است. لذا از پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و مجری مسؤل طرح مذکور بجهت تمامی حمایت های مادی و معنوی سپاسگزاری و قدردانی می گردد.

منابع

- ابراهیمی، ن، اسلامی، ع، ر، شریفی، ف، ۱۳۹۴، مدل برآورد آستانه شروع رواناب با استفاده از شبیه‌ساز باران در کرت‌های صحرایی، مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۷، شماره ۲، ص ۲۱۱-۲۲۲.
- بهروان، ه، پرهمت، ج، ۱۳۹۶، گزارش نهایی پروژه تهیه و توسعه اطلس و آماده‌سازی داده‌های زمانی و مکانی سیل در حوضه‌های رده هفت استان آذربایجانغربی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، شماره مصوب ۹۴۰۰۱-۹۴۵۱-۲۹-۲۹-۱۴.
- بهروان، ه، شریفی، ف، علیجانپور شلمانی، ع، ۱۳۹۳، گزارش نهایی پروژه شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب کشور - استان همدان، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، شماره ثبت ۴۹۰۲۶، ص ۱۴.
- پرهمت، ج، ۱۳۹۶، گزارش نهایی طرح ملی تهیه و توسعه اطلس و آماده‌سازی داده‌های زمانی و مکانی سیل در حوضه‌های رده هفت کشور، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، شماره مصوب ۹۴۰۰۱-۹۴۵۱-۲۹-۲۹-۱۴.
- پرهمت، ج، قرمزچشمه، ب، ۱۳۸۵، ردیابی اثر پهنه سیل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM+ و مدل رقومی ارتفاع (DEM)، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، بهمن ۸۵، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.
- پرهمت، ج، مهدیان، م، ح، غفوری‌روزبهانی، ع، م، غیاثی، ن، قرمزچشمه، ب، ۱۳۹۴، گزارش نهایی طرح ملی بررسی و تعیین پارامترهای تلفات بارش و بارش مازاد در حوضه‌های معرف نه استان، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، شماره ثبت ۹۴۰۰۱-۹۴۷۳۹۴-۲۲/۴، ص ۱۹۸.
- پرهمت، ج، ۱۳۹۵، مدلی برای بررسی خطر سیل در سطح حوضه‌های آبخیز کشور، نشریه علوم و مهندسی آبخیزداری، سال دهم، شماره ۳۴، ص ۱-۱۴.
- پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۳۸۶-الف، سیمای حوضه‌های آبخیز کشور- گزارش سیل، کارفرما سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری (گزارش منتشر نشده).
- پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۳۸۶-ب، سیمای حوضه‌های آبخیز کشور- گزارش کاربری اراضی، کارفرما سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری (گزارش منتشر نشده).
- شریفی، ف، نام درست، ج، زرین، ه، ۱۳۸۵، ارزیابی مدل AWBM در تعدادی از زیر حوضه‌های، حوزه‌آبخیز کارون، اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده‌رود (فرصت‌ها و چالش‌ها)
- غفاری، ا، ۱۳۷۹، مدل مفهومی طرح جامع مدیریت سیل، پایان‌نامه کارشناسی ارشد عمران-سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه علم و صنعت ایران، ص ۱۱۳.
- غواصه، ا، ح، ر، (۱۳۷۶)، تدوین روشهای مدیریت سیلاب، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۴۴۰ ص.
- مهدوی، م، ۱۳۸۲، هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، جلد ۲، ۱.
- Abdullah Droubi, 2010, ACSAD Experiences in Flood Risk Management and Rain water Harvesting, Water and Development Information for Arid Lands -Global Network, G-WADI meeting (24 September, 2010), Cairo, Egypt.
- Chow V.T., Maidment D.R. and Mays L.W, 1988, Applied Hydrology, McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering, McGraw-Hill, New York, ISBN 0-07-010810-2. xiii, 572 pp.
- De Moel, H., Asselman, N. E. M. and Aerts, J. C. J. H., 2012, Uncertainty and sensitivity analysis of coastal flood damage estimates in the west of the Netherlands, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12, 1045-1058.
- Gaume E., Bain V., Bernardara P., Newinger O., Barbuc M., Bateman A., Blaškovicova L., Blöschl G., Borga M., Dumitrescu A., Daliakopoulos I., Garcia J., Irimescu A., Kohnova S., Koutroulis A., Marchi L., Matreata S., Medina V., Preciso E., Sempere-Torres D., Stancalie G., Szolgay J., Tsanis I., Velasco D., and Viglione A., 2009, A compilation of data on European flash floods, Journal of Hydrology, 367, 70-78.
- Flug, M. and J. Ahmad, 1990, Prioritizing Flow Alternatives for Social objectives, J. Water Res. Planning, ASCE, Vol. 109, No. 1, 13-28.
- Guha-Sapir, D., Hargitt, D., and Hoyois, P., 2004, Thirty Years of Natural Disasters 1974-2003: The Numbers. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. Presses Universitaires de Louvain (UCL), Brussels, 188 p.
- <http://ostan-ag.gov.ir/AboutProvince>
- <http://scipost.wikipg.com/wiki/titles/13578/>
- Kubal C., Haase D., Meyer V., and Scheuer S., 2009, Integrated urban flood risk assessment – adapting a

- multicriteria approach to a city, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 9, 1881-1895.
- Linsley, R. K and J. B. Franzini, 1987, water Resources Engineering. 3th edition, Mc Crow Hill.
- Linsley, J.B.Franzini R.K., Freyberg D.L. and Tchobanoglous G., 1992, Water-Resources Engineering, 4th Edition, McGraw-Hill, NewYork, 841pp.
- Okazawa Y., Yeh P.J.F., Kanae S. And Oki T., 2011, Development of a global flood risk index based on natural and socio-economic factors, Hydrological Sciences Journal, 56(5), 789-804.
- Ragade R.K., Hipol K.W. and Unny T.E., 1976, Nonquantitative Methods in water Resources management, J. Water Res. Planning and Management, ASCE, Vol. 102, 297-309.
- Vijayalakshmi D. P. and Jinesh Babu K.S., 2010, Floodplain Modelling Materials and Methodology, Proc. of Int. Conf. on Advances in Civil Engineering 2010, p 13-16.
- Wright D.J., Dwyer E., and Cummins V., 2010, Coastal Informatics: Web Atlas Design and Implementation, http://dusk.geo.orst.edu/ICAN_EEA/Handbook/Chap2.pdf.
- Zhang J., Okada N., Tatano H. and Hayakawa S., 2002, Risk Assessment and Zoning of Flood Damage Caused by Heavy Rainfall in Yamaguchi Prefecture, Japan, Proceeding of the Second International on Flood Defence, Vol 1, PP. 162-170, Tsinghua University, Beijing, China.