

تهیه و توسعه اطلس سیل در حوضه‌های رده هفت جهت کاهش خسارات سیل در حوضه‌های آب‌خیز - مطالعه موردی - استان آذربایجان غربی

هوشنگ بهروان^{۱*}، جهانگیر پرهمت^۲

۱- محقق، پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری، تهران، ایران (h.behrawan@areeo.ac.ir)

۲- هیات علمی، پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری، تهران، ایران (porhemmat@scwmri.ac.ir)

چکیده

تهیه و توسعه اطلس و آماده‌سازی داده‌های زمانی و مکانی سیل در حوضه‌های رده هفت استان آذربایجان غربی "با هدف تعیین روش‌شناسی تلفیق و ترکیب اطلاعات مختلف و شاخص‌های اصلی و پایه‌ای مورد نیاز در جهت کاهش خطرات سیل و ایمن‌تر شدن حوضه‌های آب‌خیز تعریف شد. بدین منظور عوامل مؤثر در ایجاد خطر و خسارت سیل، شدت سیل‌خیزی و محدوده‌های سیل‌گیر به عنوان بخشی از سیمای موجود حوضه‌های آب‌خیز تعیین شد. بنابراین، برای این کار اطلاعات متعددی از عوامل و پارامترهای مختلف سیل از جمله شدت سیل‌خیزی، گستره‌های سیل‌گیر و خسارات سیل با هم ترکیب و بر اساس آنها اطلس سیل که حاوی اطلاعات مهم سیل می‌باشد، تهیه شد. شدت سیل‌خیزی، فراوانی وقوع سیل، خسارات، تلفات جانی و پهنه‌های سیل‌گیر، مراکز مسکونی و جمعیت در معرض سیل به همراه حجم آورده‌های سیلابی سالانه و منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی بارش از جمله اطلاعات مهمی هستند که در تدوین اطلس سیل استفاده شدند. نتایج نشان داد که در کل استان و حوضه‌های آن بیشترین سطح (۷۹/۳ درصد مساحت) به کاربری مرتع و زراعت اختصاص دارد، به گونه‌ای که ۴۳/۳ درصد از مساحت حوضه‌ها را مراتع و ۳۶ درصد آن را زراعت در بر دارد. بنابراین شیب و کاربری اراضی مهمترین پارامترهای تأثیرگذار بر شدت سیل‌خیزی هستند. در پهنه‌های سیل‌گیر استان طبقه خطر نسبتاً خفیف با مساحت ۲۲۷/۶ کیلومترمربع بیشترین سطح طبقات خطر سیل را به خود اختصاص داده است. همچنین پهنه‌های با خطر سیل شدید و خفیف به ترتیب ۱۰۷/۲۵ و ۶۱/۲۴ کیلومترمربع می‌باشد. بعلاوه، حوضه شرق زنگمار (۱۱۵) بیشترین سطح خطر متوسط تا شدید با مساحت ۹۰/۲ کیلومترمربع را به خود اختصاص داده است که معادل ۱۹/۰۹ درصد پهنه‌های سیل‌گیر استان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آستانه شروع رواناب، اطلس سیل، شدت سیل‌خیزی، خسارت سیل، پهنه سیل‌گیر

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 سیل‌خیزی آن است. شدت سیل‌خیزی 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 سیل‌خیزی، 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 سیل‌خیزی، خطر و خسارات سیل و نیز مجموعه‌ای از اطلاعات ویژگی‌های عمومی رگبارها و مؤلفه‌های آبدهی 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. بعلاوه، احداث پل و یا تأسیسات دیگر بر روی مسیل‌های طبیعی رودخانه که موجب کاهش ظرفیت آگذری 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 می باشد (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 کانون های اجتماعی بخش کشاورزی است و لذا تدوین برنامه ریزی مدیریت سیلاب امری اجتناب ناپذیر است. یکی از ابزارهای مورد نیاز اجرای چنین برنامه هایی در اختیار داشتن نقشه های خسارت سیل و مناطق سیل خیز می باشد تا بر اساس آن بتوان در سطح ملی و استانی نسبت به اولویت بندی در امر مسائل پیش بینی و اقدامات پیش گیرانه و حمایتی در مناطق با احتمال خسارت بیشتر برنامه ریزی کرد.

(Linsley و همکاران، ۱۹۸۷، ۱۹۹۲) به برآورد و آنالیز خسارات سیل و شناخت نقاط آسیب پذیر و تحلیل اقتصادی روش های مختلف مهار سیلاب پرداخته اند. (Ahmad و Flug، ۱۹۹۰) روشی را ارائه نمودند که با امتیاز دهی و اولویت بندی می توان گزینه های مناسب و نامناسب در مدیریت سیلاب را تفکیک کرد. (Ragade و همکاران، ۱۹۷۶) روشهای مختلف ارزیابی پارامترهای کمی در سیستم تصمیم گیری در پروژه های 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 قسمت های آسیب پذیر شناسایی می گردد و غفاری (۱۳۷۹) ضمن بررسی عوامل مؤثر در وقوع و تشدید خسارت سیل، شاخص هایی را برای ارزیابی میزان خسارات و اولویت بندی انجام عملیات در قالب تجزیه و تحلیل اطلاعات پرسشنامه ای بررسی نموده اند. (Vijayalakshmi و Jinesh Babu، ۲۰۱۰) فراوانی وقوع و ارتفاع سطح آب سیل را به عنوان مؤلفه های اصلی خطرات سیل بر شمرده اند. (Gaume و همکاران، ۲۰۰۹) اعلام نمودند که سیل های 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 تقسیم بندی سیل، شاخص هایی را برای سیل تعریف نموده که شامل ۱) تواتر رخداد دوباره سیل مؤثر بر فعالیت های کشاورزی ۱۰ ساله ۲) مدیریت مناطق اطراف مخروط افکنه ها سیلاب ۲۵ ساله ۳) مدیریت مناطق مسکونی و شهری سیلاب های در ابعاد منطقه ای می باشند.

(Gaume و همکاران، ۲۰۰۹) اطلاعات وقایع سیلاب های حدی مشاهده ای اروپا را تحلیل و اطلاعات آنها را در یک پایگاه به عنوان اطلس سیل های بزرگ تدوین نمودند. (Droubi، ۲۰۱۰) اطلس سیل را برای مصر و کشورهای هم جوار 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 سازه های موجود استحصال آب معرفی نمودند. (شریفی و همکاران، ۱۳۸۵) گزارش کردند روش های متعددی برای برآورد رواناب حاصل از بارندگی در حوضه های آبخیز وجود دارد. یکی از این روش ها، استفاده از مدل های هیدرولوژیکی است. مدل های هیدرولوژیکی این امکان را می دهند با شبیه سازی فرآیند رواناب - بارش، رواناب حاصل از بارندگی در حوضه هایی که جریان رودخانه اندازه گیری شده با کمینه زمان ممکن و کم ترین هزینه ارزیابی شود. (پرهمت و همکاران، ۱۳۹۴) در چندین حوضه کشور آستانه رواناب را با استفاده از شبیه ساز باران در مقیاس پلات و نیز دبی سنجی در مقیاس حوضه مورد بررسی قرار داده و نتیجه گیری نمودند که آستانه رواناب در آزمایشات انجام شده در مقیاس پلات نتایج متفاوتی را دارا می باشد. این پارامتر در حوضه های کارستی دارای مقادیری با مرتبه چند برابری نسبت به حوضه های غیر کارستی می باشد. همچنین آستانه رواناب در مناطق غیر کارستی علاوه بر بافت خاک، به شدت بارش و نوع پوشش نیز وابسته می باشد.

(Wright و همکاران، ۲۰۱۰) اطلس سیل را به عنوان مجموعه ای از نقشه های رقومی و بانک داده به همراه جداول، شکل ها و اطلاعات تکمیلی تعریف نموده اند که بطور سیستماتیک موضوعات مرتبط با سیل را نمایش دهد. (پرهمت، 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 می توان نتیجه گرفت که اولاً شکل گیری رواناب به عوامل متعددی وابسته بوده و نه تنها در سطح حوضه های 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 می یابد. 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 محدوده های سیل گیر را به عنوان اطلس سیل منظور نموده اند.

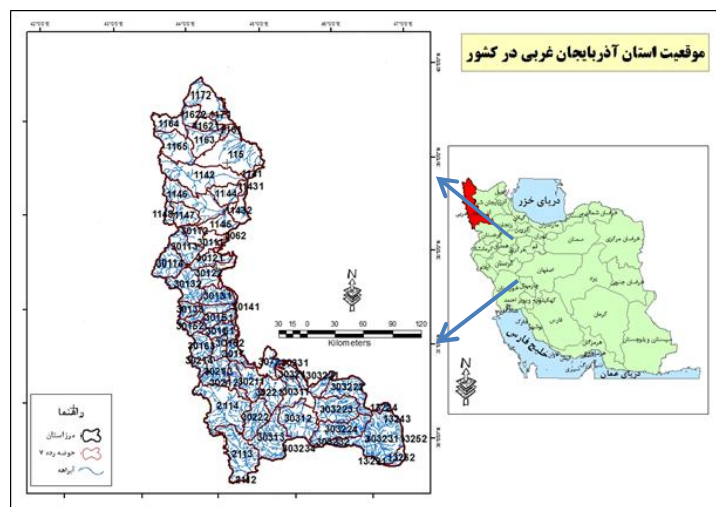
به منظور کاهش خسارات و تلفات سیل و بهبود در مدیریت کلان، شناخت پارامترهای مختلف هیدرولوژیکی و پتانسیل سیل خیزی حوضه های آبخیز و عوامل دخیل در وقوع و شکل گیری سیل امری ضروری است. مقدار بارش برای شروع تولید رواناب (آستانه شروع رواناب) و همچنین شناسایی عوامل مؤثر در سیل خیزی در تصمیم گیری برای انتخاب هرگونه طراحی عملیاتی 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 آذربایجان غربی 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.

محدوده مورد پژوهش، استان آذربایجان غربی یکی از مناطق کوهستانی کشور است که توپوگرافی متنوع و گسترده ای دارد. در سراسر ناحیه هم مرز استان با ترکیه و عراق، کوه های مرتفع برف گیر از شمال به جنوب کشیده شده است و آب های حاصل از ذوب آنها که در دره های منطقه به صورت رودخانه های متعدد جریان می یابد. مرتفع ترین شهر استان سیه چشمه است با ارتفاعی بالغ بر ۱۹۲۰ متر و کم ارتفاع ترین شهر استان شهر خوی با ارتفاع ۱۱۹۳ متر می باشد. استان آذربایجان غربی عمدتاً تحت تأثیر جریان هوای مرطوب اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه است. متوسط بارندگی سالیانه در استان، ۳۰۰-۴۰۰ میلی متر است که با توجه به متوسط بارندگی در سایر نقاط ایران که حدود ۲۸۰ میلی متر می باشد در شرایط بهتری قرار گرفته است. متوسط درجه حرارت از ۹/۴ درجه سانتی گراد در ماکو تا ۱۱/۶ درجه سانتی گراد در مهاباد متغیر است. 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.

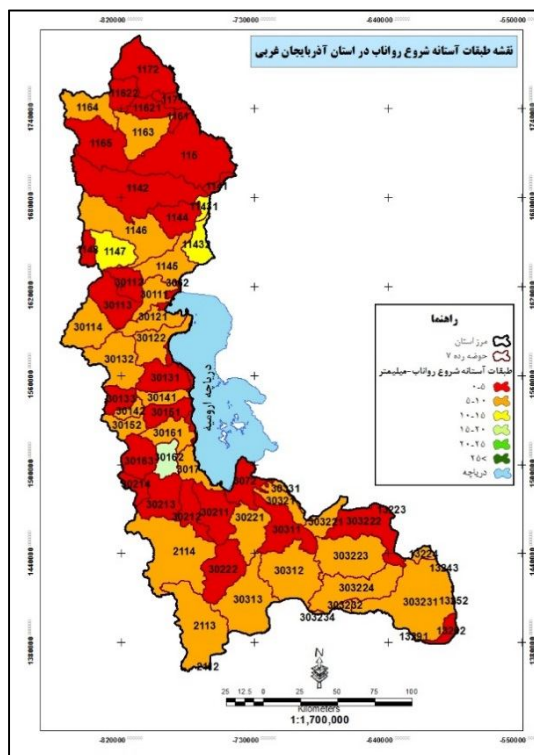
به منظور تهیه اطلس سیل، مؤلفه های اطلس شامل دو دسته، مؤلفه های نقطه ای و مؤلفه های پهنه ای در سطح می باشند. برای اطلاعات نقطه ای از عوامل مختلف هیدرولوژیکی و هواشناسی استفاده شد. این عوامل شامل حجم کل جریان، حجم کل رواناب سطحی سالانه بادوره برگشت ۵۰ ساله، اطلاعات منحنی شدت-مدت-فراوانی شامل مقدار بارش 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 درمحل ایستگاه های هیدرومتری و ایستگاه های سینوپتیک برآورد شدند. همچنین، براساس 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. براین 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، درمحل ایستگاه های هیدرومتری ویژه گی 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). (بهران و همکاران، 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 (C1, C2, C3) و برآورد سطوح هر یک از این ظرفیت ذخیره‌ها (A1, A2, A3) رواناب حاصل از هر یک از این سطوح شبیه‌سازی شد.

آستانه شروع رواناب بدست آمده از مدل AWBM، در پنج کلاس شامل ۰-۵ میلی‌متر، ۵-۱۰ میلی‌متر، ۱۰-۱۵ میلی‌متر، ۱۵-۲۰ 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 آذربایجان غربی نشان می‌دهد. شکل (۲) نشان می‌دهد که آستانه رواناب پهنه استان عمدتاً طبقه ۵-۱۰ میلی‌متر بوده و پهنه ۱۰-۱۵ میلی‌متر فقط در سه واحد رتبه هفت برآورد شده است. بعلاوه آستانه رواناب طبقه ۱۵-۲۰ میلی‌متر تنها در یک واحد از ۶۴ واحد استان مشاهده شده است، که آن هم واحد ۳۰۱۶۲ می‌باشد که تقریباً در مرکز استان واقع شده است.



شکل ۲- نقشه طبقات آستانه شروع رواناب در حوضه‌های رده هفت استان آذربایجان غربی

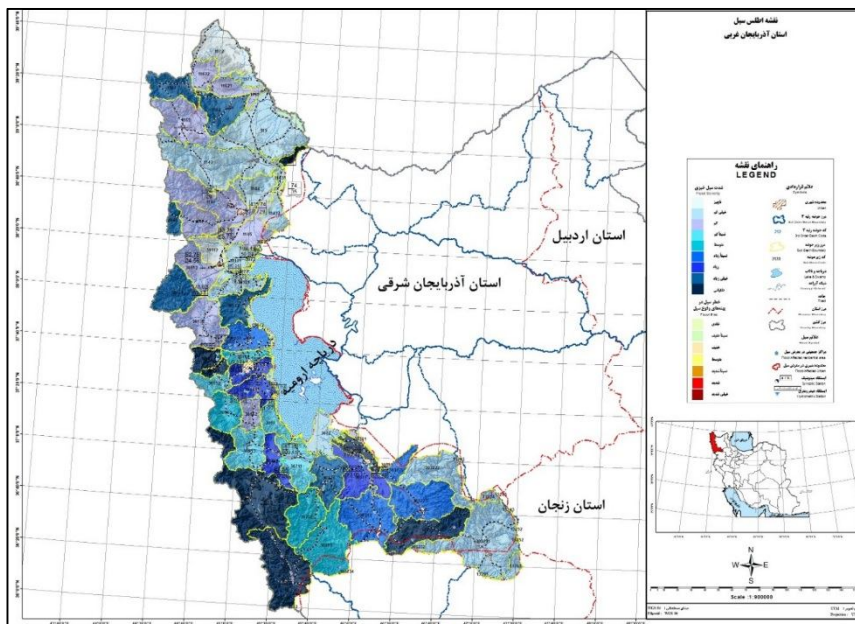
مطابق روش تحقیق پهنه‌های سیل‌گیر از تصاویر ماهواره‌ای ETM+ سال ۲۰۰۲ استخراج و تعیین شد. سپس برای هر کدام از حوضه‌های رتبه هفت با روی هم‌گذاری لایه پهنه سیل‌گیر و لایه مرز حوضه‌های رتبه هفت مساحت پهنه سیل‌گیر برای هر کدام از حوضه‌های رتبه هفت استخراج شد. علاوه بر این حوضه‌های با مقادیر حدی متوسط، حداکثر و حداقل درصد پهنه سیل‌گیری مشخص شد، که جدول (۱) نتایج را نشان می‌دهد. جدول (۱) نشان می‌دهد که حوضه ۱۱۵ با ۱۹/۰۹ درصد مساحت بیشترین درصد از مساحت آن در معرض سیل‌گیری است و حوضه ۳۰۲۲۱ با مساحتی حدود ۷۰۶ کیلومترمربع، با صفر درصد مساحت، کمترین درصد از سطح آن در معرض سیل‌گیری است. همچنین حوضه ۱۱۵ با وسعت ۱۹۱۹/۹ کیلومترمربع، بیشترین پهنه سیل‌گیری را دارا است که قریب به ۱۹/۰۹ درصد مساحت حوضه است. همچنین کل حوضه‌های رده هفت استان دارای ۴۷۲/۶ کیلومترمربع وسعت پهنه سیل‌گیر است که معادل ۱/۲۲ درصد مساحت حوضه‌های رده هفت سیل‌گیر استان می‌باشد.

جدول ۱- دامنه مقادیر حدی پهنه‌های سیل‌گیری استان آذربایجانغربی (مساحت حوضه (کیلومتر مربع)

کد حوضه رده هفت	مساحت حوضه	مساحت پهنه سیل‌گیر	درصد مساحت پهنه سیل‌گیر
حوضه ۱۱۴۳۲ با درصد معادل متوسط حسابی حوضه‌های ۴۶ گانه	۳۸۹/۹	۵/۴۸	۱/۴
حوضه ۳۰۲۲۱ با حداقل درصد پهنه سیل‌گیری	۷۰۶/۴	۰	۰
حوضه ۱۱۵ با حداکثر درصد پهنه سیل‌گیری	۱۹۱۹/۹	۹۰/۲۲	۱۹/۰۹
کل استان	۳۸۵۵۷/۳	۴۷۲/۶	۱/۲۲

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 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 آذربایجانغربی 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 هر کدام 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 آذربایجانغربی را نشان می‌دهد.



شکل ۳- نقشه اطلس سیل استان آذربایجان غربی بر اساس طبقه بندی ۹*۷ 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 میلیمتر است. این محدوده آستانه شروع رواناب در استان آذربایجان غربی قریب ۵۱/۷۲ درصد کل حوضه های استان می باشد

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 حداکثر لحظه ای در حوضه بالانش رود (۳۰۱۶۲) برابر با ۱۵ میلی متر با دبی حداکثر لحظه ای ویژه برابر با ۰/۱۴ مترمکعب برثانیه در کیلومتر مربع و کمترین مقدار آن نیز در حوضه قره سو (۱۱۷۲) برابر با ۲ میلیمتر، با دبی ویژه حداکثر لحظه ای ۰/۰۷ مترمکعب برثانیه در کیلومتر مربع برآورد شده است.

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، ۴۸/۴۸ درصد کل مساحت استان در وضعیت سیل خیزی خیلی کم قرار دارد. همچنین کلاس شدت سیل خیزی خیلی زیاد تا طغیانی سطحی برابر با ۹۱۳۲/۸۲ کیلومتر مربع (۲۴/۳۲ درصد کل مساحت استان) را به خود اختصاص داده است.

نتایج دیگر پژوهش نشان می دهد که از بین حوضه های استان، حوضه سراب گادر (۳۰۲۱۴) با مساحت ۲۲۶/۶ کیلومتر مربع با دبی ویژه حداکثر لحظه ای ۲/۴۶ مترمکعب برثانیه در کیلومتر مربع دارای بیشترین مقدار و حوضه قره سو (۱۱۷۲) با مساحت ۹۹۴/۸ کیلومتر مربع محدوده استان با دبی ۰/۰۷ مترمکعب بر ثانیه در کیلومتر مربع دارای کمترین دبی ویژه حداکثر لحظه ای با دوره بازگشت ۵۰ ساله می باشند.

با توجه به اینکه هرچه آستانه شروع رواناب در مدل برآورد بارش رواناب AWM کمتر باشد نشان از نفوذناپذیری بیشتر و در نتیجه سیل خیزی بیشتر دارد، مقدار آستانه شروع رواناب در حوضه‌های با شدت سیل خیزی طغیانی بین ۴ تا ۸ میلی‌متر شامل حوضه‌های زرينه رود میانی (۳۰۳۲۲۴)، سراب گادر (۳۰۲۱۴)، پیرانشهر (۲۱۱۴) و پایاب رود قطور (۱۱۴۱) است. در کل استان و حوضه‌های مذکور بیشترین سطح (۷۹/۳ درصد مساحت) به کاربری مرتع و زراعت اختصاص دارد، به گونه‌ای که ۴۳/۳ درصد از مساحت حوضه‌ها را مراتع و ۳۶ درصد آنرا زراعت در بر دارد. بنابراین شیب و کاربری اراضی مهمترین پارامترهای تأثیر گذار بر شدت سیل خیزی هستند.

براساس نتایج این پژوهش در پهنه‌های سیل گیر استان طبقه خطر نسبتاً خفیف با مساحت ۲۲۷/۶ کیلومتر مربع بیشترین سطح طبقات خطر سیل را به خود اختصاص داده است. همچنین پهنه‌های با خطر سیل شدید و خفیف به ترتیب ۱۰۷/۲۵ و ۶۱/۲۴ کیلومتر مربع می‌باشد. بعلاوه، حوضه شرق زنگمار (۱۱۵) بیشترین سطح خطر متوسط تا شدید با مساحت ۹۰/۲ کیلومتر مربع را به خود اختصاص داده است که معادل ۱۹/۰۹ درصد پهنه‌های سیل گیر استان بوده و لذا از نظر عملیات کنترل سیل و یا آبخیزداری در استان در اولویت اول قرار دارد.

تشکر و قدردانی

مقاله مذکور از "گزارش طرح ملی تهیه و توسعه اطلس و آماده‌سازی داده‌های زمانی و مکانی سیل در حوضه‌های رده هفت کشور" استخراج گردیده است. لذا از پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و مجری مسؤل طرح مذکور بجهت تمامی حمایت‌های مادی و معنوی سپاسگزاری و قدردانی می‌گردد

منابع

- ابراهیمی، ن، اسلامی، ع، ر، شریفی، ف، ۱۳۹۴، مدل برآورد آستانه شروع رواناب با استفاده از شبیه‌ساز باران در کرت‌های صحرايي، 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 ۹۴۰۱-۹۴۵۱-۲۹-۲۹-۱۴.
- بهروان، ه، شریفی، ف، علیجانپور شلمانی، ع، ۱۳۹۳، گزارش نهایی پروژه شبیه سازی 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 ۹۴۰۱-۹۴۵۱-۲۹-۲۹-۱۴.
- 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، غیائی، 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 ۹۴۰۴/۲۲/۴۷۳۹۴، 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 حوضه های آبخیز کشور-گزارش کاربری اراضی، کارفرما سازمان چنگل ها، مراتع و آبخیزداری (گزارش منتشر نشده).

شریفی، ف، نام درست، ج، زرین، ه، ۱۳۸۵، ارزیابی مدل AWBM در تعدادی از زیر حوضه های، حوزه آبخیز کارون، اولین همایش منطقه ای بهره برداری از منابع آب حوضه های کارون و زاینده رود (فرصت ها و چالش ها)
غفاری، ا، ۱۳۷۹، مدل مفهومی طرح جامع مدیریت سیل، پایان نامه کارشناسی ارشد عمران-سازه های هیدرولیکی، دانشگاه علم و صنعت ایران. ۱۱۳ ص.

غواصه، ا، ح، ر، (۱۳۷۶)، تدوین روشهای مدیریت سیلاب، پایان نامه 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., Blaškovićova L., Bloschl 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.