نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering

سال دهم- شماره ۳۴-پاییز ۱۳۹۵ Vol. 10, No. 34, Fall 2016

مدلی برای بررسی خطر سیل در سطح حوزه‌های آبخیز کشور

جهانگیر پرهمت[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۷/۰۸

چکیده:

سیل از فرآیندهای هیدرولوژیکی می‌باشد که ابعاد آن تحت تأثیر شرایط مختلف طبیعی و مصنوعی سطحی زمین و نیز شرایط مختلف اقلیمی تغییر می‌نماید. این پدیده در صورت عدم شناخت، کنترل و مهار، از بلایای طبیعی به شمار آمده و خسارات و تلفات جانی همواره در پی خواهد داشت. با تعیین خطر سیل و توزیع مکانی آن می‌توان برای کاهش خطر سیل برنامه‌های مناسب تهیه و از خسارات مالی و تلفات جانی ناشی از رخداد سیل کاست. در این پژوهش برای خطر سیل روشی مبتنی بر عوامل اصلی خطر پیشنهاد و سپس برای حوضه هندیجان-جراحی واقع در جنوب غربی ایران به کار گرفته شد. بر اساس نتایج این تحقیق، ۷ 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) به عنوان پارامترهای اصلی خطر سیل تعیین شدند. سپس با وزن دهی به هرکدام و تعیین دامنه آنها بر اساس داده‌های ثبت شده سیل در ۵۰ سال گذشته در ۱۲ حوضه رتبه ۲ کشور ماتریس دامنه عوامل خطر تعیین گردید. پهنه‌های سیل گیر با استفاده از داده‌های سنجش از دور لندست ۲۰۰۲+TM تعیین گردید. همچنین شدت سیل خیزی با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری در سطوح احتمال مختلف تعیین شد و با روش تحلیل منطقه‌ای به حوضه‌های بدون آمار تعمیم یافت.

بر اساس ۵ عامل شامل فراوانی وقوع سیل، خسارات سیل، تلفات جانی سیل، جمعیت در معرض سیل و مراکز مسکونی در معرض سیل لایه خطر سیل تهیه و سپس با تلفیق و روی هم گذاری با لایه پهنه‌های سیل گیر و لایه شدت سیل خیزی، پهنه‌های خطر سیل مشخص شد. با کاربرد این مدل در حوضه هندیجان-جراحی مشخص شد که در حوضه هندیجان حداکثر شدت سیل خیزی در حوضه‌های رتبه ٤ خیرآباد بوده و در مرتبه بعدی زهره قرار دارد در حالی که حوضه پایاب هندیجان که در پایین دست این دو حوضه قرار دارد دارای رده خطر سیل شدید در کل حوضه هندیجان-جراحی می‌باشد. هم چنین حوضه اله واقع در سرشاخه جراحی دارای حداکثر دبی ویژه سیل خیزی بوده ولی در این حوضه خطر سیل خفیف بوده و در حوضه‌های مارون و پایاب جراحی خطر سیل در رده متوسط می‌باشد. با این وصف، شدت سیل خیزی و خطر سیل در یک محل اتفاق نمی‌افتد، بنا براین، برای کنترل سیل و کاهش خطر سیل بایستی حوضه هایی را که سیل خیز هستند مورد توجه قرار داد.

کلید واژه‌ها: *پهنه سیل، تصاویر ماهواره‌ای، حوضه هندیجان-جراحی، شاخص خطر سیل، شدت سیل خیزی.*

مقدمه

امروزه جهان با مخاطرات بی سابقه‌ای مواجه است بطوری که بر اساس گوهاساپیر و همکاران [۸] در حد فاصل دهه ۱۹۹٤ 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. [۲۷، ۱۱، ۱٦، ۳]. خطر[۲] به عنوان وقوع یک واقعه سیل با احتمال مشخصی تعریف و در مقابل خطرپذیری[۳] (ریسک) را خسارات بالقوه ناشی از چنین حادثه‌ای دانسته اند که معمولاً به صورت خسارت مالی بیان می‌شود.تساکریس [۲٦] خطر را به عنوان منشأ بالقوه آسیب تعریف نموده است و موقعیتی است که طی آن پتانسیل تخریب و یا تهدید موجب از بین رفتن انسان‌ها و یا به هم ریختن سیستم طبیعی و یا تغییر آن می‌گردد. هم چنین، اصطلاح خطرپذیری یک واحد به عنوان مجموع تلفات و یا خسارات قابل انتظار حاصل از یک پدیده طبیعی خاص برای آن واحد می‌باشد که تابعی از مخاطره طبیعی و آسیب پذیری واحد در معرض خطر می‌باشد. بر اساس هر کدام از تعاریف فوق روابط بین مخاطره و خطرپذیری و عدم اطمینانی که در شناخت آنها وجود دارد، مبنای روش‌های مختلف تعیین خطر سیل شده اند.

شناخت روابط بین مخاطره واحد در معرض خطر و آسیب پذیری

۱- دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، پست الکترونیک: porhemmat@scwmri.ac.ir ، jahanpor@yahoo.com

2. hazard
3. risk

به دلیل کمبود داده با دقت لازم میسر نشده است. هم چنین، روابط متقابل و بازخورد بین جامعه و سیل تا به امروز کمتر شناخته شده است [۱۳]. اکازاوا و همکاران [۱٦] اعلام نمودند که درجه آسیب حاصل از سیل در یک منطقه به عوامل طبیعی و اقتصادی-اجتماعی متعددی هم چون تراکم جمعیت، کاربری اراضی، زیرساخت‌های توسعه یافته و سرعت و دقت انتقال اطلاعات مثل سیستم‌های پیش آگاهی وابسته است. کوبال و همکاران [۱۱] اعلام نمودند که تعداد سیلاب و آسیب‌های ناشی از آن در دهه‌های اخیر در همه جا ایجاب می‌نماید که روش‌های تحلیل، کنترل و مدیریت سیلاب بهبود یابد. اخیراً روش تحلیل خطرپذیری سیل، بجای روش‌های معمول حفاظتی کنترل سیل مطرح بوده که نه تنها جلوگیری از سیل را مورد هدف دارد، بلکه بدنبال کاهش تلفات و خسارات اقتصادی نیز می‌باشد [٤]. بدین منظور، برای بهینه کردن برنامه ریزی‌های وابسته به مکان و مدیریت سیلاب، مطالعات کمیت خطرات سیلاب و عدم اطمینان پذیری آن ضروری می‌باشد [٢٤]. هم چنین شاخص‌های مورد استفاده در ارزیابی خطرپذیری سیل، دارای واحدهای متفاوتی بوده و لذا بایستی ابتدا بدون بعد شده و سپس در ترکیب‌های مورد نیاز تحلیل ریسک منظور شوند [۲۷]. نیوهلد و همکاران [۱۵] برای بررسی خطرپذیری سیل، علاوه بر پهنه سیل طراحی در ارزیابی خطر، تغییرات مرفولوژی رودخانه را نیز به عنوان یک عامل خطر توصیه نمودند که بایستی در تحلیل خطرپذیری سیل مورد توجه قرار گیرد.

در سال‌های اخیر روش‌های مرسوم طراحی سیلاب جای خود را به روش‌های مبتنی بر خطرپذیری داده که بر اساس تحلیل ریسک پایه گذاری شده اند [۱۲]. موسسه امنیت انسانی و محیطی دانشگاه سازمان ملل [۲۵] خطرپذیری را به عنوان اثر متقابل یک عامل مثل زلزله، سیل، چرخند، خشکسالی، بالا آمدن سطح آب دریا و آسیب پذیری جوامع از آن تعریف نموده است. هم چنین، این موسسه اعلام نموده است که شاخص خطرپذیری در مقیاس جهانی به دنبال پاسخ برای چهار سؤال می‌باشد. این ٤چهار سؤال عبارتند از احتمال وقوع یک پدیده طبیعی چه میزان است و تا چه اندازه بر مردم تأثیر خواهد داشت؟ مردم از وقایع خطر طبیعی چگونه آسیب می‌بینند؟ تا چه حد جوامع با یک واقعه خطرآفرین می‌توانند سازگار شوند؟ و آیا یک جامعه کمیت‌های پیش گیرانه برای سازگاری در مقابل خطر در آینده را در پیش می‌گیرد؟ پدازی و همکاران [۱۸] برای سطح تأثیرگذار عوامل تلفات انسانی در مخاطرات طبیعی مدلی در مقیاس جهانی ارائه نمودند که برای برنامه توسعه سازمان ملل طراحی و به عنوان پایه اصلی شاخص خطرپذیری حوادث در این برنامه منظور شد. بنا بر این اساس این مدل، انسا نهای در معرض خطر می‌باشد.

مهمترین پارامتر مورد استفاده در تعیین خطرپذیری سیل، ابعاد و پهنه‌های سیل گیر می‌باشد. شمشکی و همکاران [۲۲] برای تهیه نقشه خطر سیل استان گلستان، پارامترهای میانگین و بیشینه دبی سیلابی ایستگاه‌های آب سنجی و میانگین و بیشینه بارندگی ٢٤ ساعته ایستگاه‌های هواشناسی در دوره‌های بازگشت ۲ تا ۲۰۰ ساله و تعداد وقوع سیل در آبراهه‌ها را به عنوان شاخص خطر سیل لحاظ نمودند. سلیمانی [۲۳] پهنه‌های سیل گیر رودخانه هراز را در سیل‌های با دوره برگشت مختلف به عنوان پهنه خطر سیل مطرح نمود. صفاری و همکاران [۲۰] برای ارزیابی خطر سیل منطقه ۳ تهران، حریم مسیل‌های رودخانه، ساختار، جهت و عرض شبکه ارتباطی، کاربری زمین، تراکم ساختمان‌ها و توان کلی دفع سیلاب منطقه را به عنوان معیارهای لازم برای ارزیابی آسیب پذیری در مقابل آبدهی بیشینه حوضه برای دوره برگشت‌های ۲۵ و ۵۰ ساله مورد استفاده قرار دادند. مساعدی [١٤] پهنه سیل گیر با دوره برگشت ۵۰ ساله محدوده شهر رامیان در اطراف رودخانه قره چای را تعیین و بر اساس ساختمان‌ها و اماکن مسکونی این محدوده خسارت سیل را به عنوان خطر سیل معرفی نمود. اسماعیلی [٦] پهنه سیلاب را با استفاده از مدل HEC-GEORAS و GIS برای رودخانه کنجان چم ایلام ترسیم و به عنوان پهنه خطر سیل معرفی نمود. افتخاری رکن الدین و همکاران [۵] با تعیین پهنه سیل با دوره بازگشت مشخص در مسیر رودخانه گرگان رود نقاط روستایی در معرض خطر سیل با این دوره برگشت‌ها را شناسایی و به عنوان خطر سیل استفاده نمودند. امیراحمدی و همکاران [۱] با مقایسه دو به دو تأثیر پارامترهای کاربری اراضی، تراکم جمعیت، مسیل ها، طبقات شیب، تراکم مسکونی، ضریب CN، ضریب رواناب، تراکم جمعیت، فضای باز و قدمت ابنیه عوامل مهم را استخراج و سپس بر اساس آنها نقشه پهنه بندی خطر سیلاب و ارزیابی خسارت وارده به شهر سبزوار را تعیین نمودند. جهانشاهی و همکاران [۹] سیل با دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله را برای خطر سیل حوضه هلیل رود در محدوده شهر رابر کرمان انتخاب و پهنه‌های هر کدام را به عنوان پهنه خطر سیل لحاظ نمودند. پدرام و همکاران [۱۷] سیلاب با دوره برگشت مختلف را به عنوان شاخص خطر سیل در نظر گرفته و سپس مقدار بیشینه دبی و بارش به ازای احتمالات با دوره بازگشت‌های ۲، ۳، ۵، ، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله را به عنوان شاخص سیل خیزی در نظر گرفتند. خیری زاده آروق و همکاران [۱۰] بر اساس وزن دهی به لایه‌های شیب، شماره منحنی (CN)، ارتفاع رواناب، شکل، تراکم زهکشی، سنگ شناسی و پوشش گیاهی حوضه با مدل ANP تأثیر آنها را بر تولید رواناب به عنوان شاخص سیل مورد بررسی قرار داده و نتیجه گیری نمودند که فاکتور شیب با ۳۰ درصد تأثیر، بیش ترین سهم را در رخداد سیل دارا بوده و پس از آن ارتفاع رواناب حوضه با ۲۸ درصد سهم در جایگاه بعدی بر رخداد سیل خیزی تأثیرگذار می‌باشد. زونینسین و همکاران [۲۸] دو معیار سیل و آسیب پذیری را برای خطر سیل در حوضه شهری ارائه نمودند. بر این اساس برای هرکدام یک سری عوامل را در نظر گرفته و برای نرمال کردن آنها مقادیر کمی آنها را در دامنه صفر تا ۱۰۰ قرار دادند. سپس برای شهر ریو دیجانیرو برزیل یک رابطه را برای محاسبه خطر سیل پیشنهاد نمودند. اپل و همکاران [۲] عدم اطمینان در محاسبات خطرات ناشی از سیل را به دو دسته

تقسیم که شامل عدم اطمینان ناشی از وقوع احتمالی ابعاد سیل بوده که موضوعی وابسته به طبیعت و یا دستخوش بشر در طبیعت بوده و دسته دوم عدم اطمینان ناشی از داده‌های مورد استفاده در تحلیل سیل مثل خطا در اندازه گیری داده‌های هیدرومتری است، که هر دو را بایستی در تحلیل خطر سیل به حساب آورد.

با این وصف در تحقیقات گذشته عوامل متفاوتی در تعیین خطر سیل متناسب با داده‌های در اختیار و شرایط منطقه‌ای استفاده شده است و لذا پژوهش حاضر برای شرایط ایران و اطلاعات موجود از وقایع سیل کشور و داده‌های سنجش از دور انجام می‌شود.

مواد و روش ها

کلیات روش کار

در این تحقیق روش نرمال نمودن داده‌ها برای همگن نمودن آن‌ها استفاده شد. بر مبنای داده‌های تاریخی وقایع سیل شامل تلفات جانی و خسارات مالی، داده‌های سنجش از دور، داده‌های دبی جریان ثبت شده در ایستگاه‌های هیدرومتری، وضع موجود سکونتگاه‌ها از جمله موقعیت، حریم و جمعیت روستاها و شهرها، عوامل و مؤلفه‌های خطر سیل، پهنه‌های خطر سیل و شدت سیل خیزی تعیین گردید. این مدل برای حوضه هندیجان-جراحی آزمون و سپس برای کلیه حوضه‌های رتبه چهار کشور پهنه خطرات سیل و شدت سیل خیزی تعیین گردید.

موقعیت جغرافیایی محدوده تحقیق

در این تحقیق ابتدا روش پیشنهادی تعیین خطر سیل برای حوضه هندیجان- جراحی به کار گرفته شد و سپس با روش بدست آمده برای تمام حوضه‌های رتبه چهار کشور خطر سیل تعیین شد.

حوضه هندیجان- جراحی در جنوب غرب کشور واقع و به عنوان حوضه رتبه ۲ ابر حوضه خلیج‌فارس محسوب می‌شود. مساحت حوضه ٤٠٧١١ کیلومتر مربع و رودخانه‌های مهم آن مارون و اله در حوضه جراحی و زهره و خیرآباد در حوضه هندیجان می‌باشد. این حوضه کوهستانی و دشتی بوده که حدود ۵۰ درصد آن دشتی است. خروجی رودخانه جراحی به دشت شادگان و سپس به صورت غیر متمرکز وارد خلیج فارس شده و خروجی رودخانه هندیجان نیز مستقیماً به خلیج فارس وارد می‌شود.

حوضه‌های رتبهٔ ۳ و رتبهٔ ٤ حوضهٔ هندیجان- جراحی بر اساس نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱۲۵۰:/۰۰۰ تعیین گردیده است. شکل (۱) موقعیت حوضه هندیجان-جراحی را در نقشه ایران و زیرحوضه‌های رتبه ۳ و ٤ آن را در این حوضه نشان می‌دهند.

روش تعیین عوامل موثر در خطر سیل

عوامل متعددی در تعیین خطر سیل نقش دارند. از آن جایی که این عوامل بایستی در تعیین خطر سیل قابلیت ارزیابی در مقیاس واحد را پیدا نمایند، لذا بایستی در یک سیستم همگن شوند. بدین منظور، با توجه به تعدد این عوامل و نیز غیریکنواختی و ناهمگنی آنها، ابتدا بایستی پارامترهای کمی و کیفی مؤثر در یک سامانه یکنواخت منظور و سپس مورد استفاده قرار گیرند. در این تحقیق روشی ارائه شده است که بر مبنای وزن دهی به پارامترها بر اساس نظر کارشناسی، همگنی عوامل را بر اساس امتیاز کمی حاصل از وزن دهی ایجاد می‌نماید. یک بعد اصلی خطر سیل احتمال وقوع سیل با یک دبی معین است. برای تعیین سطوح محتمل دبی اوج لحظه‌ای سیل، تحلیل احتمالاتی داده‌های دبی حداکثر لحظه‌ای صورت گرفته است. هم چنین، برای حوضه‌های بدون آمار بر اساس تحلیل منطقه‌ای دبی حداکثر لحظه‌ای و روزانه که مؤلفه اصلی خطر سیل می‌باشد، تعیین شده است. پهنه‌های سیل گیر از دیگر عوامل مهم خطر سیل می‌باشد که محدوده‌های خطر را تعیین می‌کند. برای تعیین پهنه سیل گیر از روشی که پرهمت و قرمزچشمه [۱۹] ارائه نمودند، استفاده شد. در این روش از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM+ سال ۲۰۰۲ پهنه‌های سیل گیر قابل تشخیص و استخراج گردید. ٦ عامل شامل فراوانی وقوع سیل، خسارات سیل، تلفات جانی سیل، جمعیت در معرض سیل، مراکز مسکونی در معرض سیل، و اراضی در معرض سیل (پهنه سیل گیر) می‌باشند. در این تحقیق برای سه عامل فراوانی وقوع، خسارات و تلفات جانی سیل از آمار ۵۰ ساله این عوامل که در سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری کشور [۷] موجود بود، استفاده شد. برای دو عامل جمعیت و مراکز مسکونی در معرض سیل، آمار سال ۱۳۷۵ مرکز آمار ایران استفاده گردید. محدوده شهرها و روستاها از تصاویر لندست TM+۲۰۰۲ و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور استخراج شد.

برای همگن سازی عوامل مورد استفاده در خطر سیل ابتدا پهنه‌های سیل حاصل از تصاویر ماهواره‌ای مبنا قرار گرفت. هم چنین، قیمت و فهرست بهای یک سال پایه برای ارزش گذاری هزینه‌ها لحاظ شد، که در این پژوهش قیمت پایه سال ۱۳۸۰ مبنای تعیین هزینه و خسارات قرار گرفت. برای همگنی و نرمال نمودن خسارات، پس از تبدیل خسارات به ارزش ریالی قیمت پایه سال ۱۳۸۰، خسارت ویژه بر اساس نسبت خسارات به کل جمعیت حوضه و بر حسب میلیون ریال بر نفر تعیین شد. برای نرمال نمودن تلفات جانی، تعداد تلفات دوره ۵۰ ساله بر کل جمعیت حوضه تقسیم و بر حسب نفر در میلیون نفر تعیین شد. هم چنین، جمعیت در معرض سیل بر حسب جمعیت واقع در پهنه‌های سیل گیر بر کل جمعیت حوضه رتبه ٤ تقسیم شد و لذا بر حسب نفر در هزار نفر تعیین شد. عامل دیگر پارامتر مراکز مسکونی در معرض سیل می‌باشد که با تقسیم تعداد مراکز مسکونی واقع در پهنه‌های سیل گیر بر وسعت کل حوضه رتبه چهار به دست آمده و بر این اساس بر حسب تعداد مراکز جمعیتی در هزار کیلومتر برآورد شد. بالاخره عامل پنجم فراوانی وقوع سیل می‌باشد که بر حسب تعداد وقوع سیل در ۵۰ سال گذشته تعیین شد. با این وصف پنج عامل شامل خسارات ویژه سیل، تلفات ویژه

سیل، جمعیت در معرض سیل، تراکم مراکز مسکونی و تعداد وقوع سیل با تعیین پهنه‌های سیل گیر به عنوان عوامل خطر سیل تعیین و سپس نرمال شدند. هم چنین، برای همگنی ارزش کمی هر کدام از عوامل، در این تحقیق روشی ارائه شده است که بر مبنای وزن دهی به پارامترها بر پایه اجماع نظر کارشناسی بیش از ۲۰ کارشناس خبره صورت گرفت. جدول (۱) امتیازات وزن دهی عوامل خطر سیل به روش کارشناسی را در این تحقیق نشان می‌دهد.

به منظور طبقه بندی خطر سیل، خسارات و پیامدهای سیل در ۱۰ حوضه رتبه ۲ کشور بررسی و مقادیر هر یک از عوامل استخراج شد. سپس این مقادیر، به روش نصف انحراف معیار طبقه بندی و محدوده تغییرات خطر سیل در هفت طبقه برای هر یک از عوامل به طور جداگانه مشخص شد. جدول شماره (۲) حد آستانه و تغییرات هر یک از عوامل را در هر طبقه نشان می‌دهد.

با توجه به امتیاز هر یک از عوامل جدول (۱) و اعمال آنها در مقادیر طبقات جدول (۲)، مقادیر کمی شاخص‌های طبقه بندی درجه خطر سیل و نیز طبقات سیل (بر اساس ۱۰ نمونه کشوری) استخراج و شاخص طبقه بندی درجه خطر سیل و درجات خطر تعیین که نتایج به ترتیب در جداول (۳) و (٤) آمده است.

روش برآورد شدت و شاخص سیل خیزی

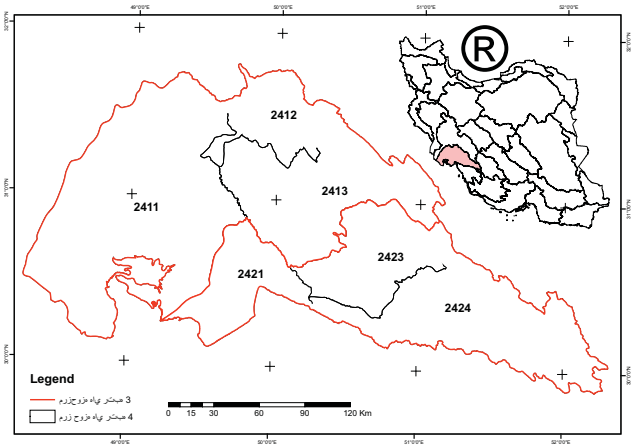
دبی حداکثر لحظه‌ای شاخص اصلی سیل خیزی بوده که در این تحقیق مقدار آن با دوره بازگشت ۵۰ ساله در واحد سطح حوضه به عنوان یک پارامتر نرمال شده انتخاب شد. برای محاسبه دبی حداکثر لحظه‌ای در سطح حوضه‌های رتبه چهار و بدون آمار از تحلیل همبستگی دبی حداکثر لحظه‌ای با دبی حداکثر روزانه استفاده شد. هم چنین، برای برآورد دبی حداکثر لحظه‌ای از روابط همبستگی و تحلیل منطقه‌ای رابطه دبی حداکثر روزانه با دبی متوسط دراز مدت و عامل اخیر با بارندگی و مساحت حوضه‌های منتهی به ایستگاه‌های هیدرومتری دارای آمار همزمان استفاده شد.

نتایج و بحث

پهنه سیل در تصاویر ETM+ سال ۲۰۰۲ مورد بررسی و با استفاده از روش پرهمت و قرمزچشمه [۱۹] استخراج و بر این اساس مساحت پهنه‌های سیل هر کدام از حوضه‌های رتبه ٤ تعیین شد. جدول (۵) نتایج مساحت برآورد شده پهنه سیل را در هر کدام از حوضه‌های فوق نشان می‌دهد. همانطور که جدول (۲) نشان می‌دهد حوضه زهره با ٤۲۵ کیلومتر مربع دارای بیش ترین وسعت سیل گیر و پایاب جراحی با ۱۸۵ کیلومتر مربع دارای کم ترین وسعت سیل گیر می‌باشد. هم چنین، مساحت کل پهنه‌های سیل گیر حوضه هندیجان- جراحی ۱۹۹۲ کیلومتر مربع می‌باشد و شکل (۲) موقعیت این پهنه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول (٦) تعداد و فراوانی وقوع سیل را نشان می‌دهد. همان طور که ملاحظه می‌شود، در پنجاه سال گذشته ۱۳۰ واقعه سیل در این حوضه گزارش شده که بیش ترین و کم ترین رخداد سیل در این مدت مربوط به حوضه‌های زهره و اله و به ترتیب با ٦٦ و ۵ سیل می‌باشد. با این وصف حوضه زهره بطور متوسط شاهد بیش از ۱/۲ وقایع سیلابی در سال طی این دوره بوده است. هم چنین با مطالعه پراکنش نقاط سیل زده، نقشه توزیع مکانی وقوع سیل در زیر حوضه‌های رتبه ٤ و پایاب رتبه ۳ تهیه و در نقشه شکل (۳) ارائه شده است.

جهت بررسی خسارات سیل ابتدا اطلاعات جمع آوری شده که به تفکیک شهرستان بود برای هر کدام از حوضه‌های رتبه چهار تفکیک گردید. خلاصه این اطلاعات که در 27 موضوع می‌باشد، در جدول



شکل ۱- موقعیت حوضه هندیجان-جراحی و حوضه‌های رتبهٔ ۳ و ٤ آن (کد ۲٤۱ جراحی و کد ۲٤۲ هندیجان)

Fig 1. Hendijan-Jarahi and realted third and 4th ordered subbasins geographic location (No. 241 is Jarahi and No. 242 is hendijan)

جدول ۱- عوامل تعیین کننده خطر سیل و درصد سهم هریک

Table 1. Flood risk factors and the percentage share of each

عوامل تعیین کننده خطر سیل	تعداد وقوع سیل	تلفات جانی سیل	خسارات مالی سیل	جمعیت در معرض سیل	تراکم مراکز مسکونی در معرض سیل	مجموع امتیازها
Agent of flood risk	No of flood events	Victims by flood	damages	population exposed to floods	Density residential centers exposed to flood	Sum of scores
امتیاز score	10	40	25	15	10	100

جدول۲- محدوده تغییرات عوامل تعیین طبقات خطر سیل

Table 2. Ranges of variation of Flood risk factor classes

تعداد وقوع سیل (واقعه)	تراکم مراکز مسکونی (تعداد مراکز درهزار کیلومتر مربع)	جمعیت در معرض سیل (نفر در هزار نفر)	تلفات ویژه (نفر در میلیون نفر)	خسارت ویژه (میلیون ریال بر نفر)	عامل
No of flood events	Density residential Centers (no of centers per square kilometers)	Population exposed to flood risk (person per Thousand population)	Specific losses (person per 10^6 population)	Specific damages (10^6 IR Rials per person)	Factors
10	0.00259	0.00914	5	0.075	عادی Normal
20	0.005	0.071	15	0.2	نسبتا خفیف Relatively mild
30	0.008	0.132	30	0.35	خفیف Mild
40	0.011	0.194	45	0.5	متوسط Medium
50	0.013	0.255	60	0.65	نسبتا شدید Realtively Severe
60	0.01618	0.3167	75	0.8	شدید Severe
>60	> 0.0162	> 0.3167	>75	>0.8	خیلی شدید Highly Severe

جدول۳- شاخص طبقه بندی درجه خطر سیل بر اساس نتایج امتیازات وزن دهی عوامل خطر سیل

Table 3. Classification indices of the degree of flood risk based on the results of weighting of flood risk agents

خیلی شدید	شدید	نسبتاً شدید	متوسط	خفیف	نسبتاً خفیف	عادی	عامل
Highly Sever	Sever	Relatively sever	Medium	Mild	Relatively Mild	Normal	Factors
25	21.25	17.5	13.75	10	6.25	2.5	خسارت ویژه (میلیون ریال بر نفر) Specifi Damage(10^6 Rials per capita)
40	34	28	22	16	10	4	تلفات ویژه (نفر در میلیون نفر) Specifi loses (Capita per 10^6 person)
15	12.75	10.5	8.25	6	3.75	1.5	جمعیت در معرض سیل (نفر در هزار نفر) Public subjected to flood (capita per 10^3 person)
10	8.5	7	5.5	4	2.5	1	تراکم مراکز مسکونی (تعداد درهزار کیلومتر مربع) Residental centers density (No. per 1000 Km^2)
10	8.5	7	5.5	4	2.5	1	تعداد وقوع سیل (واقعه) Flood event No. (Event)
100	85	70	55	40	25	10	امتیاز Score

جدول٤- طبقات خطر سیل بر اساس دامنه امتیازات

Table 4. flood risk classes based on score ranges

خیلی شدید	شدید	نسبتا شدید	متوسط	خفیف	نسبتا خفیف	عادی	طبقه خطر سیل
Highly Sever	Sever	Relatively Sever	Medium	Mild	Relatively Mild	normal	Flood risk class
>85	70-85	55-70	40-55	25-40	10-25	<10	دامنه امتیازات Score range

جدول ۵- مساحت بر آورد شده پهنه سیل در حوضه‌های رتبه چهار هندیجان-جراحی

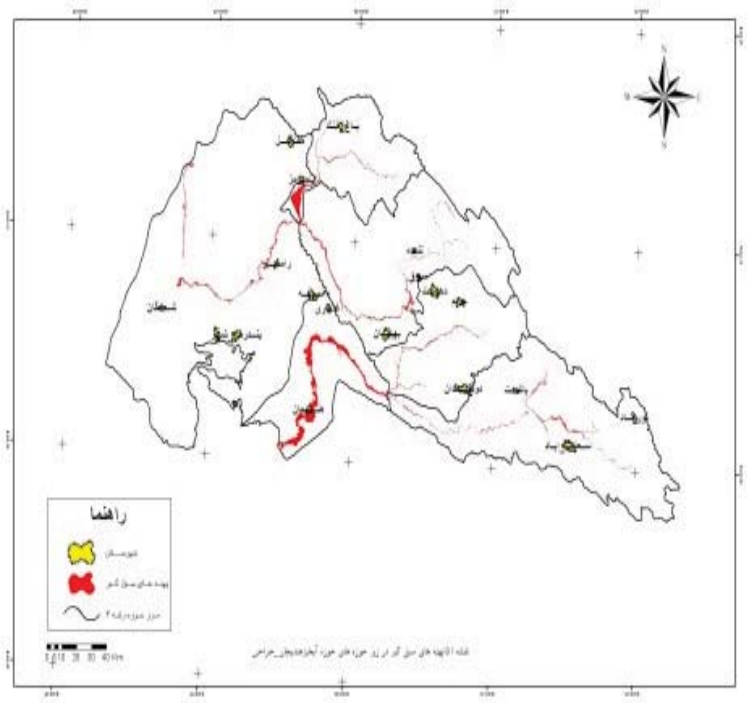
Table 5. Estimated area of flooding zones in 4th ordered Hendijan-Jarahi catchments

حوضه	اله	مارون	خیرآباد	زهره	پایاب جراحی	پایاب هندیجان
Basin	Alah	Maroon	Khairabad	Zohreh	Jarahi Down Stream	Hendijan Down Stream
کد حوضه Basin code	2412	2413	2423	2424	2411	2421
پهنه سیل (کیلومتر مربع) Flood area (Km^2)	273.7	387.1	363.4	425	185	358

جدول٦- تعداد وقایع سیل حوضه هندیجان-جرحی طی ۵۰ سال از اول دهه ۱۳۳۰ تا اول دهه ۱۳۸۰

Table 6. Flooding event numbers in Hendijan-Jarahi basin during last 50 years from early 1951decade to early 2000 decade

حوضه	کد حوضه	وقایع دارای تلفات و خسارات		وقایع فاقد تلفات و خسارات	
		تعداد	درصد از کل(٪)	تعداد	درصد از کل(٪)
Basin Name	Basin identity	Events having damages and losses		Events with out damages and losses	
		No.	Percent	No.	Percent
اله Alah	2412	5	3.85	0	0
مارون Maroon	2314	15	12.31	2	1.54
خیرآباد Khairabad	2423	7	5.38	3	2.31
زهره Zohreh	2424	32	24.62	34	26.15
پایاب جراحی Jarahi Down Stream	2411	15	11.54	9	6.92
پایاب هندیجان Hendijan Down Stream	2421	5	3.85	2	1.54
کل حوضه هندیجان- جراحی Hendijan-Jarahi Total 24		80	61.54	50	38.46



شکل ۲- موقعیت پهنه‌های سیل‌گیر(رنگ قرمز)

Fig 2. Flooding zone locations (red colors)

(۷) به تفکیک حوضه‌ها نشان داده شده است. بر این اساس و بر مبنای قیمت پایه، ارزش ریالی خسارات سیل تعیین گردید. لازم به ذکر است قیمت پایه برای محصولات دارای قیمت خرید تضمینی از جداول ارائه شده توسط موسسه پژوهش‌های برنامه ریزی اقتصاد کشاورزی استفاده و نرخ پایه برای سایر محصولات بر مبنای برآورد و نرخ موجود در بازار پس از مشورت با کارشناسان متخصص تعیین شد. هم چنین، در تعیین مبنای ریالی خسارات ناشی از سیل در حوضه هندیجان وجراحی، مواردی مانند تخریب جنگل‌ها و مراتع، فرسایش و رسوبگذاری در حوضه‌های طبیعی و نیز رسوبگذاری در شبکه‌های آبیاری و زهکشی و مخازن سدها و سایر خسارات مشابه این به علت عدم وجود اطلاعات لازم منظور نگردیده است. جدول (۸) ارزش ریالی خسارات سیل طی ۵۰ سال در این حوضه‌ها را نشان می‌دهد. همان طور که جدول (۸) نشان می‌دهد، حوضه زهره با ۵۱۱/۵۵ هزار میلیون ریال خسارت بیش ترین و حوضه هندیجان با ۱۵/۵۹ هزار میلیون ریال کم ترین خسارات را متحمل شده است.

محاسبه خسارات ویژه که با تقسیم خسارات برآورد شده هر حوضه بر جمعیت آن محاسبه می‌شود، با استفاده از اطلاعات فوق الذکر و جمعیت هر کدام از حوضه‌ها محاسبه گردید. جدول (۹)

جدول ۷- عوامل مورد نظر در محاسبه خسارات سیل در حوضه‌های رتبه چهار هندیجان-جراحی

Table 7. Factors using in flood damage accounting in 4th ordered catchments of Hendijan-Jarahi

باغ (هکتار)	خانه روستایی (باب)	زراعت (هکتار)	مرغ (قطعه)	گوسفند (راس)	شتر (نفر)	گاو (راس)	بز (راس)	جایگاه دامی (متر مربع)
Orchard (Hectare)	Cottage (No.)	Farm (Hectare)	Chicken (No.)	Sheep (No.)	Camel (No.)	Cow (No.)	Goat (No.)	Stable(M^2)
کانال (کیلومتر)	بند آبخیز داری (بند)	چاه (حلقه)	پل (دهنه)	تأسیسات زیر بنایی (مورد)	قنات (رشته)	بند انحرافی (متر)	خشکه چین (متر مکعب)	مرغداری (مورد)
Canal (Km)	Small Dam (No.)	Well (No.)	Bridge (No.)	Infrastructure (No.)	Qanat (No.)	Divert Dam (M)	Check dam (Cubic Meter)	Aviculture (No.)
راه شوسه (کیلومتر)	راه آسفالته (کیلومتر)	راه شوسه (کیلومتر)	موتور پمپ (دستگا)	آنتن صدا و سیما (واحد)	رسوب گذاری (کیلومتر)	مرتع (هکتار)	جنگل و مرتع (هکتار)	راه روستایی (کیلومتر)
Dirt Road (Km)	Asphalt Road (Km)	Dirt Road (Km)	Pump (No.)	Radio and TV Antenna (No.)	Sedimentation (Km)	Rangeland (Hectare)	Forest and Rangeland (Hectare)	Rural Road (Km)

جدول ۸- میزان خسارت سیل در حوضه‌های رتبه ٤ هندیجان-جراحی

Table 8. Flood damage in 4th ordered catchments in Hendijan-Jarahi

حوضه	اله	مارون	خیرآباد	زهره	پایاب جراحی	پایاب هندیجان
Basin	Alah	Maroon	Khairabad	Zohreh	Jarahi Down Stream	Hendijan Down Stream
میزان خسارت (هزار میلیون ریال) Damage (10^9 Rials)	23.63	114.92	45.87	511.55	279.58	15.59

جدول ۹- میزان جمعیت و خسارات ویژه در حوضه‌های رتبه چهار هندیجان- جراحی

Table 9. Population and specific damage in 4th ordered catchments in Hendijan-Jarahi

حوضه	اله	مارون	خیر آباد	زهره	پایاب جراحی	پایاب هندیجان	کل هندیجان-جراحی
Basin	Alah	Maroon	Khairabad	Zohreh	Jarahi Down Stream	Hendijan Down Stream	Total Hendijan-Jarahi
تعداد آبادیها No. of villages	533	1518	597	1138	926	152	4864
تعداد شهرها No. of cities	1	3	3	3	7	2	19
جمعیت (نفر) population (person)	116320	287724	182180	231473	465495	69898	1353090
خسارات ویژه(میلیون ریال بر نفر) Specific damage (10^6 Rials per person)	0.203	0.399	0.251	0.225	0.558	0.223	0.378

جدول ۱۰- میزان تلفات سیل در حوضه‌های رتبه ٤ هندیجان- جراحی

Table 10. Population victim in 4th ordered catchments in Hendijan-Jarahi

حوضه	اله	مارون	خیرآباد	زهره	پایاب جراحی	پایاب هندیجان	حوزه هندیجان-جراحی
Basin	Alah	Maroon	Khairabad	Zohreh	Down Jarahi Stream	Hendijan Down Stream	Total Jarahi-Hendijan
تلفات (نفر) (person) Losses	1	16	14	1	18	9	59
تلفات ویژه (از میلیون نفر) loss Specific (million per)	9	56	77	4	39	129	44

جدول ۱۱- تراکم مراکز مسکونی در معرض سیل در حوضه‌های رتبه ٤ هندیجان- جراحی

Table 11. Density residential centers exposed to flood in 4th ordered catchments in Hendijan-Jarahi

حوضه	مساحت (کیلومتر مربع)	تعدادآبادیهای در معرض سیل	تعداد شهرهای در معرض سیل	تراکم مراکز مسکونی در معرض سیل (تعداد مراکز در هزار کیلومتر مربع)
Basin	Area (km^2)	Villages Exposed to flooding	Cities Exposed to flooding	Residential centers Exposed to flooding (centers per 1000 km^2)
اله Alah	3104	48	0	15
مارون Maroon	7306	27	0	4
خیر آباد Khairabad	4429	4	0	1
زهره Zohreh	7697	20	0	3
پایاب جراحی Jarahi Down Stream	14786	56	0	4
پایاب هندیجان Hendijan Down Stream	3335	43	1	13
کل حوضه هندیجان-جراحی Total Hendijan-Jarahi	40658	198	1	5

خسارات ویژه حوضه‌ها را نشان می‌دهد. همان طور که این جدول نشان می‌دهد، پایاب جراحی با ۰/۵۵۸ میلیون ریال بر نفر دارای بیش ترین خسارت ویژه و حوضه اله با ۰/۲۰۳ میلیون ریال بر نفر کم ترین خسارات ویژه در بر داشته است. با وجود این که کل خسارات سیل در حوضه زهره بیش ترین بود ولی خسارات ویژه به دلیل تراکم جمعیت در حوضه پایاب جراحی بیش ترین بود.

به منظور تعیین نقش تلفات جانی در خطر سیل حوضه‌های مورد پژوهش، تلفات سیل از وقایع اول دهه ۱۳۳۰ تا اول دهه ۱۳۸۰ به دست آمد. سپس، تلفات ویژه در هر کدام از حوضه‌ها با تقسیم تلفات برآورد شده در هر حوضه بر جمعیت آن محاسبه گردید. جدول (۱۰) نتایج بدست آمده را نشان می‌دهد. این بررسی نشان می‌دهد که حوزه آبخیز پایاب هندیجان با ۱۲۹ کشته در میلیون نفر دارای بیش ترین و حوزه آبخیز زهره با ٤ کشته در میلیون نفر، دارای کم ترین مقدار تلفات ویژه می‌باشد.

مراکز مسکونی در معرض سیل با روی هم گذاری هم پوشانی دو نقشه موقعیت مراکز مسکونی و نقشه پهنه سیل‌گیر تعیین گردید. جدول (۱۱) تعداد مراکز مسکونی در معرض سیل در حوضه‌های رتبه چهار در حوضه هندیجان-جراحی را نشان می‌دهد. در حوضه

جدول ۱۲- جمعیت در معرض سیل در حوضه‌های رتبه ٤ هندیجان-جراحی

Table 12. Population exposed to flood in 4th ordered catchments in Hendijan-Jarahi

حوضه	جمعیت (نفر)	پهنه سیل (کیلومتر مربع)	جمعیت در معرض سیل	جمعیت ویژه در معرض سیل (نفر در هزار نفر)
Basin	Population	Flooding Area (Km^2)	Population Exposed to flood	Specific population exposed to flood (person per 1000 person)
اله Alah	116320	273.7	6621	57
مارون Maroon	287724	387.1	3057	11
خیر آباد Khairabad	182180	363.3	491	3
زهره Zohreh	231473	425.0	3492	15
پایاب جراحی Jarahi Down Stream	465495	185.0	8743	19
پایاب هندیجان Hendijan Down Stream	69898	358.0	28565	409
کل حوضه هندیجان-جراحی Total Hendijan-Jarahi	1353090	729.9	50969	38

هندیجان- جراحی تعداد ٤٨٦٤ آبادی و ۱۹ شهر واقع شده است. با بررسی پهنه‌های سیل و روی هم گذاری[1] این لایه و لایه پراکنش مراکز جمعیتی مشخص گردیدکه از این تعداد، ۱۹۸ آبادی و یک شهر در معرض سیل قرار دارند. هم چنین، حوضه پایاب جراحی با ٥٦ آبادی بیش ترین تعداد و خیرآباد با ٤ آبادی کم ترین تعداد آبادی در معرض سیل را دارا می‌باشند. وسعت مراکز مسکونی در معرض سیل پایاب جراحی ١٤٧٨٦ کیلومتر مربع و وسعت مراکز مسکونی در معرض سیل خیرآباد ٤ کیلومتر مربع می‌باشد.

با روی هم گذاری لایه پهنه‌های سیل و لایه مراکز جمعیتی، میزان جمعیت در معرض سیل مشخص گردید. این بررسی نشان می‌دهد، حوضه پایاب هندیجان با ٢٨٥٦٥ نفر جمعیت در معرض سیل بیش ترین و حوضه خیرآباد با٤٩١ نفرکم ترین جمعیت در معرض سیل را در بر داشته است. با تقسیم جمعیت در معرض سیل در هر حوضه بر جمعیت کل آن، میزان جمعیت ویژه در معرض سیل هر حوضه محاسبه شد که نتایج آن در جدول (۱۲) آمده است. همان طور که در این جدول مشاهده می‌شود، پایاب هندیجان با ٤٠٩ نفر در هزار نفر بیش ترین و خیرآباد با ۳ نفر در هزار نفر، کم ترین جمعیت ویژه در معرض سیل را به خود اختصاص داده است.

بر اساس معیارهای ذکر شده در جداول (۳) و (٤)، مقادیر کمی پارامترهای مؤثر در خطر سیل برای هر کدام از حوضه‌های رتبه چهار هندیجان-جراحی محاسبه و بر اساس آن طبقات خطر سیل در هر کدام تعیین شد. جدول (۱۳) طبقه و شکل (۳) پهنه خطر سیل را در حوضه‌های رتبه ٤ هندیجان-جراحی نشان می‌دهد.

همان طور که جدول (۱۳) و شکل (۳) نشان می‌دهند، پایاب هندیجان در طبقه خطر شدید سیل قرار داشته و حوضه‌های اله و زهره در طبقه خطر خفیف سیل واقع شده اند. سایر حوضه‌ها در طبقه خطر متوسط سیل می‌باشند.

برای تعیین شدت و شاخص سیل خیزی، بر اساس روش تحقیق ابتدا دبی حداکثر لحظه‌ای با دوره برگشت‌های مختلف تعیین و سپس دبی حداکثر لحظه‌ای با دوره برگشت ٥٠ ساله بر مساحت حوضه تقسیم و دبی ویژه سیل خیزی تعیین شد. جدول (١٤) مقادیر شدت سیل خیزی و شکل (٤) پهنه‌های شدت سیل خیزی این حوضه‌ها را به تفکیک حوضه‌های رتبه ٤ در هندیجان-جراحی نشان می‌دهند. جدول (١٤) نشان می‌دهد که از نظر شدت سیل‌خیزی حوضه‌های اله در جراحی و خیرآباد در زهره با دبی ویژه ۰/٦١ مترمکعب در ثانیه در کیلومترمربع، دارای حداکثر شدت سیل خیزی و پایاب جراحی با ۰/۲۳ مترمکعب در ثانیه در کیلومترمربع دارای حداقل شدت سیل خیزی می‌باشند.

1. crossing

جدول۱۳- طبقه بندی خطر سیل در حوضه‌های رتبه ٤ هندیجان-جراحی

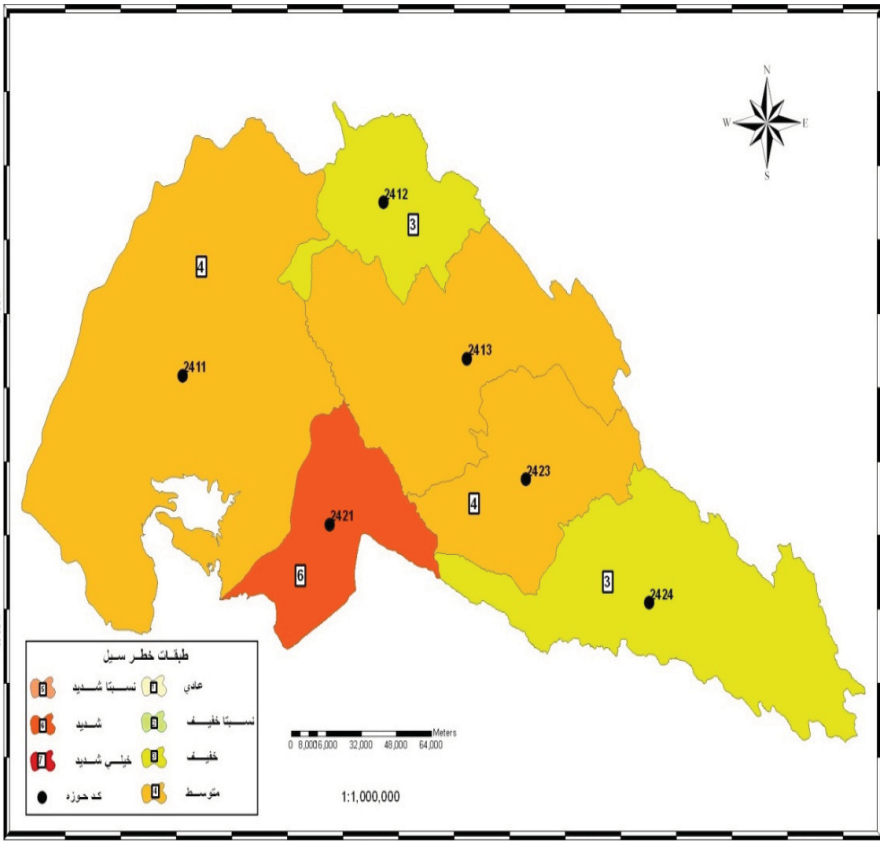
Table 13. Clasification of flood risk in 4th ordered catchments in Hendijan-Jarahi

حوضه	امتیاز تلفات ویژه (نفر در میلیون نفر)	امتیاز خسارات ویژه (میلیون ریال بر نفر)	امتیاز جمعیت ویژه (نفر در هزار نفر)	امتیاز تراکم مراکز جمعیتی در معرض سیل (تعداد مرکز در هزار کیلومترمربع)	امتیاز تعداد وقوع (واقعه)	جمع امتیاز	طبقه خطر سیل
Basin	Specific loss score (person per 106 person)	Specific loss score (106 IR Rials per person)	Specific loss score person per 1000 person)	Specific loss score (centers number per 1000 Km2)	Specific loss score (event)	Sum of scores	Class of flood risk
Alah اله	10	10	3.75	8.5	1	33.25	خفیف Mild
Maroon مارون	28	13.75	3.75	2.5	2.5	50.5	متوسط Medium
Khairabad خیر آباد	40	10	1.5	1	1	53.5	متوسط Medium
Zohreh زهره	4	10	3.75	2.5	5.5	25.75	خفیف Mild
Jarahi Down Stream پایاب جراحی	22	17.5	3.75	2.5	2.5	48.25	متوسط Medium
Hendijan Down Stream پایاب هندیجان	40	10	15	7	1	73	شدید Sever

جدول١٤- مقادیر دبی (مترمکعب در ثانیه) و دبی ویژۀ (مترمکعب در ثانیه در کیلومترمربع) حداکثر روزانه و لحظه‌ای با دوره بازگشت ۵۰ ساله در حوضه‌های رتبۀ ٤ هندیجان-جراحی

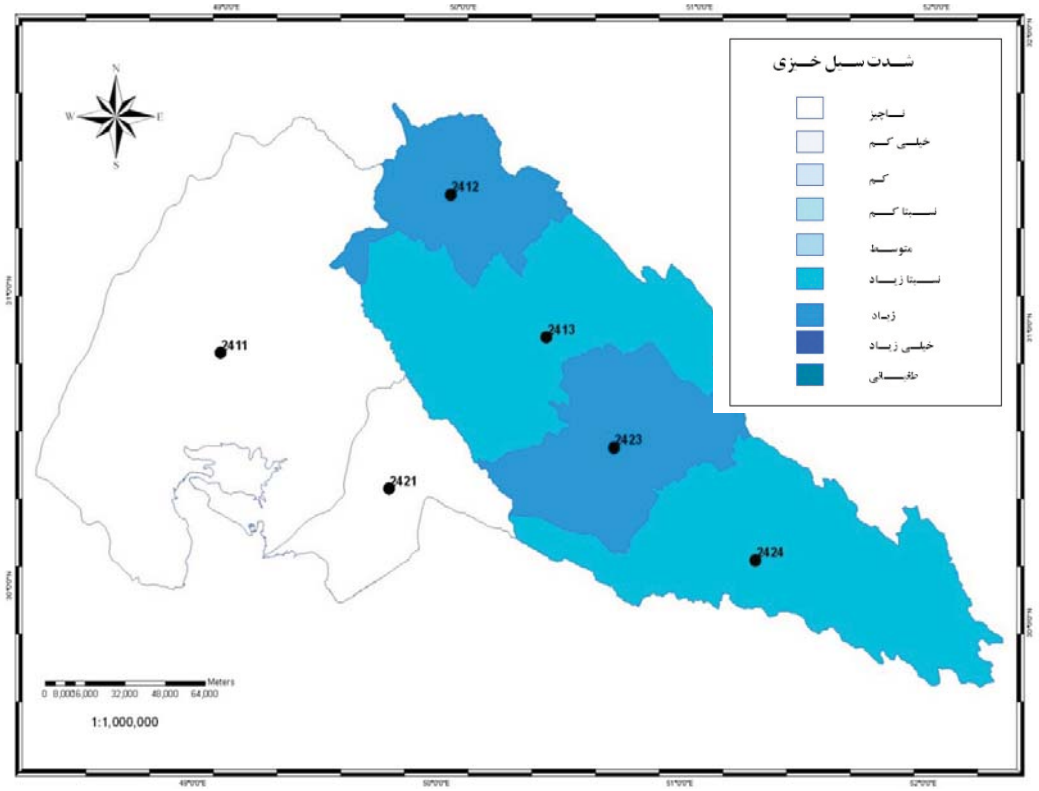
Table 14. Maximum instantaneous and daily Discharge (m^3/sec) and specific discharge (m^3/sec per Km^2) with 50 years return period in 4th ordered catchments of Hendijan-Jarahi

حوضه	زهره	خیرآباد	مارون	اله	هندیجان	جراحی
Basin	Zohreh	Khairabad	Maroon	Alah	Hendijan	Jarahi
رتبۀ حوضه Basin order	4	4	4	4	3	3
مساحت (کیلومتر مربع) Area (Km^2)	7697	4429	7306	3158	14479	26232
بارندگی (میلی متر) Precipitation(mm)	738	674	625	654	282	257
دبی متوسط ۳۰ ساله 30 year mean discharge	63	43	61	36	93	92
دبی حداکثر روزانه Maximum daily discharge	2669	1644	2848	1113	4081	4131
دبی حداکثر لحظه‌ای Maximum instantanouse discharge	4108	2702	4345	1929	5932	5995
دبی ویژه حداکثر روزانه Maximum daily specific discharge	0.35	0.37	0.39	0.35	0.28	0.16
دبی ویژه حداکثر لحظه‌ای Maximum instantanouse specific discharge	0.53	0.61	0.59	0.61	0.41	0.23



شکل ۳- نقشه پهنه‌های طبقات خطرسیل حوضه هندیجان- جراحی

Fig 3. Flood risk class zones map of Hendijan-Jarahi



شکل ٤- نقشه طبقات شدت سیل‌خیزی در حوضه هندیجان-جراحی

Fig 4. Flooding intensity classes map of Hendijan-Jarahi

نتیجه‌گیری

با توجه به خسارات و تلفات سیل که به طور سالانه اتفاق می‌افتد، بررسی این موضوع و تهیه مدلی برای تعیین خطر سیل لازم می‌باشد. بر این اساس این تحقیق انجام و روشی برای تعیین خطر سیل و شدت سیل خیزی ارائه شد. بدین منظور با توجه به این که عوامل مؤثر در تعیین خطر سیل متعدد و از موضوعات متفاوتی بوده لذا دارای وزن و معیار سنجش یکسان نیستند. بنابر این، در این تحقیق ابتدا این عوامل شناسایی، سپس کمی و در مرحله بعد همگی نرمال شده و در آخر به روش کارشناسی به هر کدام از آنها وزن داده شد. نتایج این تحقیق نشان داد، که ۷ 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) به عنوان پارامترهای اصلی خطر سیل بوده و بر اساس آنها پهنه‌های خطر سیل قابل تعیین می‌باشد. هم چنین، نتیجه این تحقیق برای حوضه هندیجان-جراحی به عنوان نمونه ارائه شد. بر این اساس در حوضه هندیجان حداکثر شدت سیل خیزی در حوضه‌های رتبه ٤ خیرآباد بوده و در مرتبه بعدی زهره قرار دارد، در حالی که حوضه پایاب هندیجان که در پایین دست این دو حوضه قرار دارد دارای بیشترین خطر سیل در کل حوضه هندیجان-جراحی می‌باشد. بعلاوه، حوضه اله واقع در سرشاخه جراحی دارای حداکثر دبی ویژه سیل خیزی بوده ولی در این حوضه خطر سیل خفیف بوده و در حوضه‌های مارون و پایاب جراحی خطر سیل در رده متوسط می‌باشد. با این وصف، شدت سیل خیزی و خطر سیل بیشینه در یک محل رخ نداده است، بنابراین، برای کنترل سیل و کاهش خطر سیل بایستی حوضه هایی را که سیل خیز هستند مورد توجه قرار داد.

در حوضه هندیجان-جراحی شدت سیلاب حوضه اله در پایاب جراحی و حوضه‌های خیرآباد و زهره در پایاب هندیجان خطر سیل ایجاد نموده اند. پیشنهاد می‌شود عملیات آبخیزداری در حوضه‌های با شدت سیل خیزی بالا که در پایین دست خطر سیل ایجاد می‌نمایند متمرکز شود.

لازم به ذکر است که با این مدل نقشه پهنه‌های خطر سیل برای کلیه حوضه‌های رتبه ٤ کشور تهیه گردید، که می‌تواند مبنای برنامه ریزی عملیات آبخیزداری و نیز مورد استفاده در مدیریت منابع قرار گیرد.

در این تحقیق امکان ارزیابی خسارات وارده به منابع طبیعی از جمله تخریب اراضی مرتعی و جنگلی و نیز خسارات ناشی از فرسایش خاک و رسوب گذاری در پایین دست و خسارات محیط زیستی میسر نگردید، پیشنهاد می‌شود با توجه به اهمیت بالای این عوامل، در پژوهش‌های آتی مورد توجه قرار گیرند.

تشکر

این پژوهش با حمایت مالی و پشتیبانی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری انجام شده است. بدینوسیله از مدیران، کارشناسان و کارکنان این دو مجموعه صمیمانه تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

1- Amir Ahmadi A., Beniafar A., and Ebrahimi M. 2006. Flood risk micro zoning on the Sabzvar city for sustainable urban development. http://amayesh.com/index.aspx?data_type=article&id=92. (in Persian)

2- Apel, H., Thieken, A. H., Merz, B. and Bl¨oschl, G. 2004. Flood risk assessment and associated uncertainty. Natural Hazards and Earth System Sciences, 4: 295–308.

3- B öchele B., Kreibich, H., Kron, A., Thieken, A., Ihringer, J., Oberle, P., Merz, B., and Nestmann, F. 2006. Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 6: 485–503.

4- 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: p1045–1058.

5- Eftekhari R. K., Sadeghloo T., Ahmadabadi A., And Sajadi Gh. H. 2009. Zoning undergoing flood village using HEC-Geo RAS (Case study: Gorganrood Basin). Rural Development journal, Autumn and Winter 2009, No 1(36). (in Persian)

6- Esmaili F., And Hasoonizade H. 2008. Flood risk zoning using mathematical model and GIS (Case study: Konjancham River in Ilam Province). 2d National Conference on country Water Power, Iranian Water Resources and Power Development Co., Tehran, Iran. (in Persian)

7- Forest, Rangeland and Watershed Management Organization. Flood Data Bank (unpublished). (in Persian)

8- 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.

9- Jahanshahi F., Aghamolae M., Salajeghe A., And Moetamedi V. B. 2013. Flood risk zoning and flood damage evaluation using hydrologic and hydraulic

models (Case Study: A segment of Halil Rood in Rabar county. 2th Environment planning and Management, Tehran University, Tehran, Iran. (in Persian)

10- Khairizade AA M., Maleki J., and Amoonia H. 2013. Zoning of flood risk potential occurence in Mardaghchay Basin using ANP model. Quantative Geomorphologic Research, No. 3, P39-56. (in Persian)

11- 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, p1881–1895.

12- Merz, B., Kreibich, H., Thieken, A. and Schmidtke, R. 2004. Estimation uncertainty of direct monetary flood damage to buildings. Natural Hazards and Earth System Sciences 4: p153–163.

13- Merz, B., Aerts, J., Arnbjerg-Nielsen, K., Baldi, M., Becker, A., Bichet, A., Blöschl, G., Bouwer, L. M., Brauer, A., Cioffi, F., Delgado, J. M., Gocht, M., Guzzetti, F., Harrigan, S., Hirschboeck, K., Kilsby, C., Kron, W., Kwon, H.-H., Lall, U., Merz, R., Nissen, K., Salvatti, P., Swierczynski, T., Ulbrich, U., Viglione, A., Ward, P. J., Weiler, M., Wilhelm, B., and Nied, M. 2014. Floods and climate: emerging perspectives for flood risk assessment and management. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 14: p1921–1942.

14- Mosaedi, A. Gharib M., Najafinezhad A., and Yaghmae F. 2011. Flood risk zoning and evaluation of flood damage (Case study: Gharechay River margin at Ramian city vicinity). Natural Resources of Iran, 60(3), P797-785. (in Persian)

15- Neuhold, C., Stanzel, P. and Nachtnebel, H. P. 2009. Incorporating river morphological changes to flood risk assessment: uncertainties, methodology and application. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 9: p789–799.

16- 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): p 789-804.

17- Pedram M., Hamedi M., And Asadi A. 2012. investigation and Analysis of flood events in Kordestan Province. 2012 Geomatic Conference, Tehran, Surveying Organization of Iran, Iran. (in Persian)

18- Peduzzi, P., Dao, H., Herold, C. And Mouton, F. 2009. Assessing global exposure and vulnerability towards natural hazards: the Disaster Risk Index, In: Natural Hazards and Earth System Sciences 9: P1149-1159.

19- Porhemmat J., And Ghermezcheshme B. 2006. Tracing flood plain zone using ETM+ Satellite imaginary and digital elevation model (DEM). 7th International River Engineering Conference. Feb. 2006, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran. (in Persian)

20- Safari A., Sasanpoor F., and Moosivand A. J. 2011. Evaluation of urban vulnerability due to flood risk using GIS and fuzzy logic, case Study: The Region 3 of Tehran. Geographic Sciences Applied Research, 17(20), P129-150. (in Persian)

21- Sahebdel Sh. http://www.ncc.org.ir/_DouranPortal/Documents/p%20(1)_20100615_094010.pdf. (in Persian)

22- Shemshaki A., Entezam Soltani E., Ghasemi A. R., and Mohammadi Y. 2012. Flood risk map of Golestan province, 30th Geologic Science Meeting, Geology and Minning Exploration Organization, Tehran, Iran. http://www.civilica.com/Paper-GSI30-GSI30_061.html. (in Persian)

23- Solaymani K. 2011. Flood risk zoning in Haraz basin. First Conference on Applied Research in Water Resources of Iran, May 11-13, 2010, Kermanshah Technology University, Kermanshah, Iran. (in Persian)

24- Te Linde A. H., Bubeck, P., Dekkers, J. E. C., de Moel, H. and Aerts, J. C. J. H. 2011. Future flood risk estimates along the river Rhine. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 11, : p459–473.

25- The United Nations University Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS). 2012. World Risk Report 2012. The Alliance Development Works/Bündnis Entwicklung Hilft (BEH).

26- Tsakiris, G. 2014. Flood risk assessment: concepts, modelling, applications. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 14: P1361–1369.

27- 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, Flood Defence`2002. Wu et al.(eds) 2002

Science Press. New York Ltd., ISBN 7-03-008310-5.

28- Zonensein J., Miguez, M.G., de Magalhães, L.P.C., Valentin, M.G. and Mascarenhas, F.C.B. 2008. Flood Risk Index as an Urban Management Tool. 11th International Conference on Urban Drainage. Edinburgh. Scotland. UK, 2008.

نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران

Iran-Watershed Management Science & Engineering

Vol. 10, No. 34, Fall 2016

سال دهم- شماره ۳۴- پاییز ۱۳۹۵

Abstract

A Model on Investigation on Flood Hazard Over Watersheds of Iran

J. Porhemmat[1]

Received: 2014/10/31 Accepted: 2015/09/30

Flood is a hydrologic process whose dimensions change under different natural and artificial conditions as well as climatic conditions. Flood can become a natural disaster and would cause damages and casualties, if this phenomenon is not well recognized, or if it is not controlled or prevented. Appropriate planning can be taken into account to reduce financial damages and civilian casualties. In this research, a method was suggested to determine flood hazards, based on main factors affecting hazard, and then it is applied in Hendijan-Jarrahi basin in the southwest of Iran. Seven factors, including potential intensity of flood, flood frequency, flood damage, flood casualties, the population exposed to the flood, residential places and lands exposed to the flood, were recognized as the main parameters to control flood hazard. Afterwards, the matrix of hazard factors were identified by weighting to each of them and their domains were determined based on data of floods during the last 50 years. Also flood prone areas were recognized using the Landsat TM+ 2002. In addition, the intensity of potential flood prone areas were estimated with different return periods applying the data of hydrometery stations and using regional analysis of daily and instantaneous peak. the layer of flood hazard was prepared based on 5 factors including flood frequency, flood damage, civilian casualties, the population and residential areas exposed to flooding. Then, the flood hazard zoning was recognized by overlaying the layer of flood hazard with the layers of flood prone areas and flooding intensity. By applying the model in Hendijan-Jarrahi basin, it was inferred that in this basin the maximum flooding took place in a fourth order Khairabad basin, following by Zohreh basin in Hendijan, otherwise, downstream Hendijan basin had the order of sever flood hazard. Moreover, Allah basin located in the upstream of Jarrahi had the maximum specific flood discharge yet the flood hazard in this basin was low risk. Also, the flood hazard is in the mean level of risk in Maroon and downstream of Jarrahi. Therefore, flood intensity and flood hazard do not much in one area, so it should be into account the basins which are flood prone to control the flood and reduce the flood risk.

Keywords: Flooding area, Flood hazard index, Flood intensity, Hendijan-Jarrahi, satellite images.

1. Associate Prof. of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI). Corresponding Author, Email: porhemmat@scwmri.ac.ir , jahanpor@yahoo.com.