

ارزیابی و پهنه‌بندی سیل خیزی حوضه گیوی چای

سیاوش شایان*: دانشیار گروه جغرافیا طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

مجتبی یمانی: استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران

امین عبدالعلی پور عدل: دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه جغرافیا طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

نازفر آقازاده: دانشجوی دکتری گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۷)



چکیده

حوضه گیوی چای در جنوب استان اردبیل با مساحت ۱۵۵۴ کیلومتر مربع، از زیر حوضه‌های درجه سه سفیدرود است که این خطر هر از چندی در آن رخ می‌دهد؛ به همین منظور، پهنه‌بندی سیل خیزی حوضه گیوی چای همواره قابل توجه است. پس از تهیه نقشه پهنه‌بندی، حوضه مورد مطالعه بر اساس شدت سیل خیزی به پنج کلاس بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد تقسیم‌بندی شد. همچنین نقشه نهایی سیل خیزی حوضه با روستاهایی که در سال‌های اخیر به سبب سیل آسیب دیده‌اند، اعتبارسنجی شد. بیشترین مساحت مناطقی که در پهنه‌های با خطر بسیار بودند، شیب و بارش‌های زیاد داشتند و از لحاظ لیتولوژی و هیدرولوژی خاک نیز دارای نفوذپذیری بسیار پایینی بودند و در مناطقی که پوشش گیاهی کمتر و ضعیف است، همپوشانی داشت و بیشتر در معرض سیلاب‌ها بود. برای پهنه‌بندی سیل خیزی از داده‌های ارتفاع، شیب، لیتولوژی، بارش، پوشش گیاهی، هیدرولوژی خاک، فاصله از رودخانه، تراکم زهکشی و کاربری اراضی استفاده شد. لایه‌های خاک، لیتولوژی و کاربری اراضی با استفاده از نرم‌افزار IDRISI و بقیه لایه‌های مورد استفاده با استفاده از ابزار fuzzy membership فازی‌سازی و تمام لایه‌ها در نرم‌افزار Expert Choice وزن‌دهی شد. تحلیل و مدل‌سازی نهایی نیز با استفاده از مدل FAHP فازی گاما انجام شد. نتایج نشان داد که تراکم زهکشی، بیشترین تأثیر و پوشش گیاهی، کمترین تأثیر را در سیل خیزی داشت. با توجه به همبستگی بالای گاما ۰/۹ با معیارهای سیل خیزی، نقشه نهایی انتخاب شد. بر این اساس، قسمت‌های مرکزی حوضه دارای ارتفاع بالاتری بود و نسبت به مناطق پست‌تر قسمت‌های غربی، توان بالایی برای سیل خیزی داشت.

واژگان کلیدی: استان اردبیل، پهنه‌بندی، سیل خیزی، رودخانه گیوی چای، مدل فازی.

۱- مقدمه

خسارت‌های سالانه ناشی از سیل، توفند، خشک‌سالی، زمین‌لرزه، گردباد و سایر خطرهای طبیعی، میلیاردها دلار است و با وجود پیشرفت علم و فناوری، همچنان بر اوضاع و شرایط اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیست به طور قابل توجهی تأثیر می‌گذارد. اجتناب از وقوع خطرات طبیعی کاملاً ناممکن است، اما ساختارهای اجتماعی را می‌توان در مقابل این خطرات حفظ کرد. تنها راه‌حل مناسب در مقابل این خطرهای محیطی، استفاده از روش‌هایی است که اثرات

آنها را کاهش می‌دهد و جوامع خود را با آنها سازگار می‌سازد (Zlateva and Velev, 2011). خطر سیل و فاجعه‌های به همراه آن، محصول تعامل میان فعالیت‌های انسانی و فعالیت‌های محیطی است (Parker, 2000). از سال ۱۹۸۰، سیل ۷۱ میلیارد دلار و طوفان‌های استوایی بیش از هفت هزار کشته و بیش از یک تریلیون دلار خسارت به بار آورده‌است (NOAA, 2018). از نظر هیدرولوژی، سیل زمانی رخ می‌دهد که دبی رودخانه‌ها در حوضه زهکشی فراتر از ظرفیت خود باشد (Dingman, 2008). تغییراتی که در اثر دخالت انسان در محیط زیست ایجاد می‌شود، می‌تواند حادثه‌ای طبیعی را به فاجعه‌ای تبدیل کند؛ برای مثال، در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، تخریب آبریزهای کوهستانی اصلی به افزایش تعداد سیل‌های ویرانگر منجر شده‌است (Hosseini, and Matlabifar, 2007). سیل بر اثر بارندگی‌های شدید به وجود می‌آید و بر جامعه تأثیرات قابل توجهی دارد (Meijgaard and Lenderink, 2008). این پدیده یکی از رایج‌ترین بحران‌های محیطی است که بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵، حدود ۴۶ درصد از بحران‌های طبیعی را به خود اختصاص و ۲/۳ میلیارد نفر را تحت تأثیر قرار می‌دهد و خسارت ۶۶۲ میلیارد دلاری را به اقتصاد وارد می‌سازد (CRED¹, 2015). افزایش جمعیت، توسعه اقتصادی و تغییرات اقلیمی در مناطق مستعد سیل‌خیزی باعث می‌شود تا سال ۲۰۵۰، دو میلیارد نفر در معرض خطر سیل قرار گیرند (United Nations University, 2004). ارزیابی این خطر، اساس بهبود مدیریت سیل است. سیل یکی از مخرب‌ترین بلایای طبیعی در جهان است (IFRC, 1998). به طور کلی، حوضه گیوی چای دو شهرستان خلخال و کوثر را در برمی‌گیرد که در طی سالیان اخیر، سیل خسارت‌هایی را به باغ‌ها و تأسیسات آنها وارد کرده‌است.

درباره پهنه‌بندی سیل‌خیزی، مطالعات زیادی در ایران و خارج از آن با مدل‌های مختلف انجام شده‌است و می‌توان به نمونه‌هایی اشاره کرد. Yamani و همکاران (2012)، پهنه‌های سیل‌گیر بالادست سد طالقان را در دوره بازگشت دو تا دویست سال مطالعه کردند. در این پژوهش از مدل HEC-RAS² و HEC-GEO-RAS استفاده و داده‌ها با استفاده از HEC-RAS تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد که از کل مساحت مورد مطالعه در قلمرو سیل دویست ساله، حدود ۸۸/۱۶ درصد این مناطق مستعد سیل‌گیری توسط سیل‌هایی با دوره برگشت ۲۵ ساله و کمتر از آن است. Ghanavati (2014)، خطر سیل‌خیزی کرج را بررسی کرد. در این پژوهش از ده عامل با توجه به رابطه آنها با سیل‌خیزی و سیل‌گیری، مقدار عضویت تعیین شد و با استفاده از روش منطق فازی، پهنه‌بندی صورت گرفت. نتایج نشان داد که پهنه‌های با خطر زیاد، در بخش شمالی، شمال شرقی و شرقی واقع شده‌است و سطوح سیل‌گیری با خطر بسیار زیاد نیز در قسمت‌های جنوب غرب و جنوب شرق و پهنه‌های با خطر زیاد در قسمت مرکزی و غربی منطقه مورد مطالعه واقع شده‌است. Gholizadeh و همکاران (2018) در مقاله‌ای، توان سیل‌خیزی حوضه زنگمار را بررسی کردند. در این پژوهش از مدل فازی استفاده و نقشه نهایی سیلاب از عملگرهای گاما ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ تهیه شد. نتایج نشان داد که گاما ۰/۹، مناسب‌ترین عملگر است و نواحی با خطر سیل‌خیزی زیاد، در دامنه‌های محدب، ستیغ‌ها و شیب‌های بین صفر تا هفت درصد قرار گرفته‌است. Beheshti Javid و همکاران (2018)، تأثیر مورفومتری لندفرم‌ها را بر سیل‌خیزی حوضه‌های شمالی کوهستان سیلان ارزیابی کردند؛ بدین صورت که با استفاده از روش شیء‌گرا به استخراج لندفرم‌ها پرداختند، سپس فازی‌سازی با لایه‌های تأثیرگذار دیگر صورت گرفت و نقشه نهایی سیل‌خیزی به دست آمد. نتایج

¹ Centre for Research on the Epidemiology of Disasters

² Hydrologic Engineering Center's River Analysis System

نشان داد که از چهارده لندفرم استخراج‌شده، دره‌های کوچک کوهستانی، شانه خط الرأس و دامنه مستقیم، بیشترین تأثیر را داشت و دشت‌ها و چاله‌ها نیز کمترین پهنه‌های کم‌خطر سیل را شامل می‌شد. Sharifi Paichoon and Parnoon (2018)، به ارزیابی و تحلیل فضایی سیل‌گیری رودخانه قره‌سو با استفاده از نه عامل مؤثر در سیل‌گیری در چارچوب مدل فازی پرداختند و نتایج نشان داد که اغلب توابع مؤثر در سیل‌گیری، خطی و مستقیم بود و بیشترین میزان سیل‌گیری در شمال غربی و در بالادست حوضه و حوالی شهر روانسر و کرمانشاه وجود داشت. کمترین میزان سیل‌گیری نیز در ارتفاعات و با شیب بیشتر و جایی که فاصله زیادی از رودخانه داشت، دیده شد. Esfandiari Darabad و همکاران (2019) با استفاده از روش L-THIA¹ و مدل منطق فازی، پهنه‌بندی سیل‌خیزی آجر لو چای را ارزیابی کردند. برای این منظور، از نه شاخص طبیعی استفاده شد و نتایج نشان داد که بیشتر مساحت حوضه در پتانسیل سیل‌خیزی کم، خیلی کم و متوسط قرار داشت و بیشتر مناطق سیل‌خیز حوضه نیز در نیمه شرقی و شمال شرقی حوضه بود. Azari و همکاران (2019) در مقاله‌ای با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی، به پهنه‌بندی سیلاب و تأثیر آن بر کاربری اراضی محیط پیرامونی رودخانه لیکوان پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که با افزایش دوره بازگشت، پهنه‌های سیل‌خیز افزایش یافت و باغ‌ها، اراضی بایر و مناطق مسکونی بیش از سایر کاربری‌ها تحت تأثیر سیل بود. Abdolazimi و همکاران (2021) در پژوهشی سیل‌خیز، شهر شیراز را پهنه‌بندی کردند. در این پژوهش پس از شناسایی عوامل تأثیرگذار، استانداردسازی لایه‌ها بر اساس توابع خطی و با استفاده از روش مقایسات زوجی وزن‌دهی شد و با استفاده از مدل تاپسیس، نقشه نهایی سیل‌خیزی به دست آمد و نتایج نشان داد که مناطق ۱۱، ۷، ۲، ۳ و ۹ بیشترین آسیب‌پذیری را در برابر سیلاب داشت. MAdadi و همکاران (2020) نیز در پژوهشی به پهنه‌بندی خطر سیلاب حوضه قوریچای کورایم در استان اردبیل پرداختند. در این پژوهش، از ده معیار مؤثر در سیل‌خیزی شامل ارتفاع، شیب، تحدب سطح زمین، جهت شیب، سازندهای زمین‌شناسی، تراکم زهکشی، شماره منحنی، فاصله از آبراهه، کاربری اراضی و پوشش گیاهی استفاده شد که شیب زمین بیشترین امتیاز را در سیل‌خیزی حوضه داشت. نتایج نشان داد که هیچ‌کدام در صد حوضه در پهنه با خطر بسیار زیاد و زیاد قرار دارد. خطر وقوع سیلاب در بستر دره‌های اصلی و اراضی پایین‌دست حوضه مورد مطالعه به دلایل ژئومورفومتریکی از قبیل شکل‌گیری و توسعه دشت‌های سیلابی، ارتفاع نسبی پایین، مقعر بودن سطح زمین و آهنگ سریع حرکت رواناب‌های بالادست بیشتر بود. علاوه بر این، مکان‌گزینی مناطق مسکونی در دشت‌های سیلابی پایین‌دست حوضه، خطر وقوع سیلاب را در این پهنه‌ها افزایش داده است.

Asadi and Emami (2022)، به پهنه‌بندی سیلاب شهر بندرعباس و ارزیابی روند توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق سیل‌خیز پرداختند. دستیابی به اهداف موردنظر در دو مرحله انجام شد: در مرحله اول، مناطق مستعد برای وقوع سیلاب شناسایی و در مرحله دوم، روند توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مستعد سیلاب ارزیابی شد. ابتدا با استفاده از مدل تلفیقی منطق فازی و AHP، مناطق مستعد وقوع سیلاب شناسایی و با استفاده از مدل LCM، روند تغییرات کاربری نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب شناسایی شد. نتایج تحقیق نشان داد که حدود ۱۷۰ کیلومتر مربع از مساحت محدوده مطالعاتی، توان سیل‌خیزی زیاد و خیلی زیاد داشت که این مناطق عمدتاً شامل مناطق کم شیب و کم ارتفاع محدوده شهری و حاشیه شهری بندرعباس بود. همچنین نتایج ارزیابی تغییرات

¹ Long Term Hydrologic Impact Analysis

کاربری اراضی نیز بیانگر این بود که بخش زیادی از نواحی سکونتگاهی، به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب حرکت می‌کرد؛ به طوری که بر اساس نتایج حاصل‌شده، در سال ۱۹۹۰، ۱۰/۸ (۵/۳۳ درصد) کیلومتر مربع از کاربری نواحی سکونتگاهی در طبقه پتانسیل خیلی زیاد وقوع سیلاب قرار داشت که این میزان در سال ۲۰۰۰، به ۵/۱۲ (۱/۲۹ درصد)، در سال ۲۰۱۰ به ۹/۱۳ (۲۵ درصد) و در سال ۲۰۱۹ به ۱/۱۷ (۱/۲۲ درصد) کیلومتر مربع افزایش یافت. Ahmadi و همکاران (2021) با استفاده از مدل‌های ماشین بردار پشتیبان و بیشینه بی‌نظمی، به تحلیل ریسک و آسیب‌پذیری سیلاب شهری بندرعباس پرداختند. در این پژوهش از شش عامل مؤثر بر سیلاب شهری شامل ارتفاع، شیب، فاصله از سطح ایستایی، ظرفیت انتقال آب، فاصله از خور و فاصله از شبکه جمع‌آوری رواناب سطحی استفاده شد. از مجموع ۹۸ موقعیت آب‌گرفتگی، هفتاد درصد به‌عنوان داده‌های آزمون و سی درصد به‌عنوان داده‌های اعتبارسنجی به صورت تصادفی طبقه‌بندی شد. نتایج حاصل از به‌کارگیری دو مدل در تحلیل خطر سیلاب بر اساس منحنی ROC در هر دو بخش آموزش (AUC: 0.987) و اعتبارسنجی (AUC: 0.948) نیز نشان داد که مدل یادگیری ماشینی نسبت به مدل بیشینه بی‌نظمی دقت بیشتری دارد. برای تحلیل آسیب‌پذیری سیل و تعیین پارامتر مؤثر بر سیلاب شهری، از تحلیل سلسله مراتبی AHP استفاده شد. نتایج تحلیل آسیب‌پذیری نشان داد که عامل تراکم جمعیت دارای بیشترین اهمیت بود. در نهایت، تحلیل جامع ریسک آب‌گرفتگی اثبات کرد که بخش‌های جنوبی و مرکزی شهر بندرعباس، ریسک آب‌گرفتگی زیادی داشت و این بخش‌ها برای مدیریت رواناب شهری و آب‌گرفتگی دارای اولویت بالایی بود. Esfandiari Darabad و همکاران (2022) نیز با استفاده از مدل هیدرولیکی، به شبیه‌سازی مورفولوژیکی وقوع سیلاب در رودخانه نوران‌چای پرداختند و بدین منظور، برای شبیه‌سازی خطر سیلاب از مدل هیدرولیکی HEC-RAS استفاده کردند. پردازش داده‌های ژئومتری نیز از طریق الحاقی HEC-GEORAS انجام، سپس دوره بازگشت‌های مختلف سیلاب با استفاده از نرم‌افزار SMADA استخراج شد. بر اساس تجزیه و تحلیل‌های صورت گرفته نتایج حاصل از پهنه‌بندی سیلاب با دوره بازگشت‌های ۲، ۵۰ و ۲۰۰ سال مشخص شد که در پهنه‌بندی سیلاب با دوره بازگشت دو سال، حدود ۱۲۲ هکتار از اراضی اطراف رودخانه به زیر آب خواهد رفت و خسارت جانی و مالی آن چنانی نخواهد داشت. پهنه‌بندی سیلاب با دوره بازگشت پنجاه سال با مساحت ۲۶۶ هکتار و عرض پهنه سیل گیر به حدود ۳۰۷ متر خواهد رسید که می‌تواند خسارت‌های مالی و جانی در برداشته باشد. در نهایت، پهنه‌بندی سیلاب با دوره بازگشت دویست سال با مساحت ۳۲۹ هکتار و عرض پهنه به ۵۰۰ متر خواهد رسید که خسارت‌های بسیار زیادی را برای مناطق شهری و روستای اطراف رودخانه نوران‌چای ایجاد خواهد کرد؛ بنابراین، نتیجه‌گیری می‌شود که براساس پهنه‌بندی، سیلاب با دوره بازگشت پنجاه و دویست سال برای جوامع بشری مخاطره‌آمیز خواهد بود.

در خارج از کشور، Jiang و همکاران (2009) با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی با استفاده از سه مدل فازی ارزیابی جمع FCA، طبقه‌بندی ساده فازی SFC^۲ و روش تشابه فازی FSM^۳، به پهنه‌بندی سیل‌خیزی ایالت کلاتان^۴ مالزی پرداختند. نقشه‌های به‌دست‌آمده با مناطق سیل‌زده اعتبارسنجی شد و نتایج نشان داد که ۷۰ - ۷۵ در مناطق پرخطر سیل‌خیزی قرار داشت. مقایسه نتایج سه مدل نیز نشان داد که روش FCA نسبت به دو روش دیگر، نتایج مناسبی ارائه

¹ Fuzzy Comprehensive Assessment

² Simple Fuzzy Classification

³ fuzzy Similarity Method

⁴ Kelantan

داده‌است. Andongma و همکاران (2017) در پژوهشی با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی، سیل‌خیزی شهر زاریا را در نیجریه بررسی کردند. در این پژوهش، از چهار داده ارتفاع، شیب، رطوبت و تراکم زهکشی استفاده شد. نتایج نشان داد که قسمت مرکزی و شمال شرقی بیشتر در معرض خطر سیل قرار داشت. Chen and Jiang (2017) در پژوهشی با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP، سیل‌خیزی استان گوانگ دونگ را بر اثر وقوع بارش‌های رگباری قسمت‌های ساحلی گواندونگ^۱ پهنه‌بندی کردند و نتایج نشان داد که این خطر در مناطق و شهرهای ساحلی بیش از مناطق کوهستانی است. Mojaddadi و همکاران (2018) حوضه دامان سارای^۲ مالزی را از لحاظ خطر سیل‌خیزی پهنه‌بندی را با استفاده از ماشین بردار انجام دادند. در این مقاله از سیزده پارامتر انسانی و طبیعی استفاده شد و نتایج نشان داد که از این مدل می‌توان در امتداد مدیریت خطر سیل استفاده کرد. با توجه به تنوع شرایط اقلیمی، توپوگرافی و پوشش گیاهی در نواحی مختلف کشور، شدت سیل‌خیزی در نقاط مختلف آن متفاوت بود و خسارت‌های مالی و جانی ناشی از آن افزایش می‌یافت. مدیریت خطر سیل، چالشی بسیار پیچیده برای هیدرولوژیست‌ها است. آنها نیاز دارند راه‌حل‌های پویایی را برای کاهش خطر سیل شناسایی کنند. Plate در سال ۲۰۰۲ بر این تأکید کرد که طرح‌های کاهش خطر سیل با توجه به تغییرات اقلیمی، جمعیت و کاربری اراضی تغییر می‌کند. اینک به این دلیل که سیل بر زندگی مردم تأثیرات فراوانی داشته‌است، پژوهشگران به این موضوع علاقه دارند و روش‌های مختلفی را برای ارزیابی آسیب‌پذیری سیل ایجاد کرده‌اند. هر کدام از روش‌ها، دارای چارچوب مفهومی و منحصر به فرد است که انتخاب هر کدام از آنها به اطلاعات هیدرولوژی، توپوگرافی و اقتصادی بستگی دارد (Nasiri et al, 2016). در حوضه مورد مطالعه در ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت، بیشترین خطرهای طبیعی جوی متأثر از بارش‌های سنگین و سیلاب در خلخال صورت گرفت که خسارت‌هایی را در داخل شهر، روستا، حاشیه رودخانه‌ها و زمین‌های کشاورزی به همراه داشت (Safarian Zengir et al, 2019). به طور کلی، حوضه گیوی‌چای دو شهرستان خلخال و کوثر را در برمی‌گیرد. در طی سالیان اخیر، سیل و بارش‌های بهاری و تابستانی خسارت‌هایی به باغ‌ها و تأسیسات این منطقه وارد کرده‌است؛ روستاهایی که در زیر حوضه سنگور چای قرار دارند به دلیل قرار گرفتن در سرچشمه رودخانه‌ها و عمدتاً در مسیر رودخانه‌ها، گرفتار سیل‌زدگی می‌شوند. همچنین در کل حوضه با توجه به خشکسالی‌ها، نابودی پوشش گیاهی و افزایش پهنه‌های انسان‌ساخت، میزان نفوذناپذیری‌ها افزایش می‌یابد و منطقه خلخال با توجه به اینکه کوهستانی است و از مناطق حساس به زمین‌لغزش در منطقه آذربایجان به شمار می‌رود، بارش شدید باران و سیلاب می‌تواند به شستشوی دامنه‌ها منجر شود.

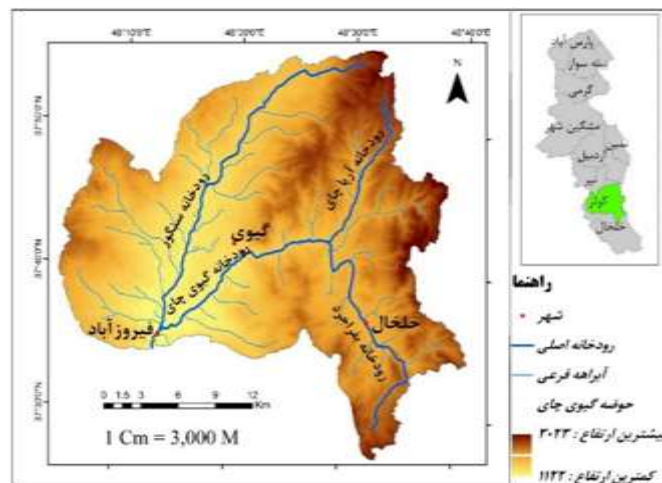
۲- منطقه مورد مطالعه

حوضه گیوی‌چای در جنوب استان اردبیل با مساحت ۱۵۵۴ کیلومتر مربع، از زیر حوضه‌های درجه سه سفیدرود است که در مختصات جغرافیایی طول شرقی ۴۸ درجه و ۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه تا ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۳۷ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته‌است. بیشترین ارتفاع، ۳۰۲۳ و حداقل ارتفاع آن ۱۰۲۲ متر است. این حوضه از بخش شمالی به قره‌سو، از شرق به قرنقو، از جنوب به پایاب قزل‌اوزن و از غرب به دریای خزر

¹ Guangdong

² Damansara

محدود می‌شود. سه رودخانه دایمی این حوضه بفرآورد، آرپا چای و گیوی چای است. شیب متوسط حوضه نیز ۴۸/۲ درصد است. این حوضه آبخیز به سه زیر حوضه سنگور چای، گیوی چای و گزاز چای تقسیم می‌شود.



شکل ۱: نقشه منطقه مورد مطالعه

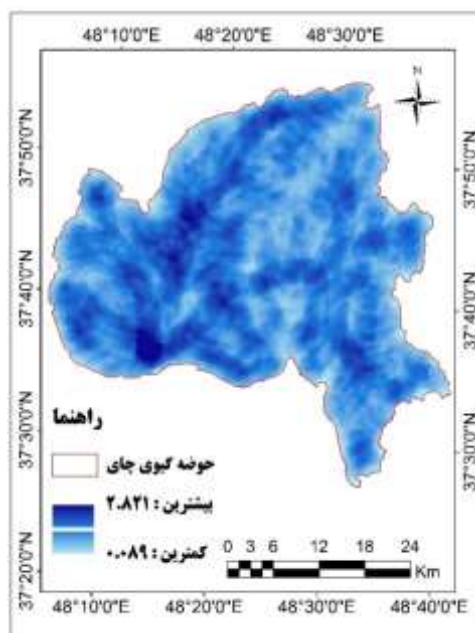
۳- مواد و روش

برای رسیدن به اهداف این پژوهش، ابتدا مبانی نظری و کارهای صورت گرفته در زمینه پهنه‌بندی سیل‌خیزی حوضه‌ها در ایران و خارج از ایران بررسی شد. متغیرهای زیادی در سیل‌خیزی حوضه‌ها مؤثر است. در این پژوهش از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشه‌های شیب و جهت شیب با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع ۲۷ متر (Digital elevation model) دریافت شده از سازمان زمین‌شناسی آمریکا^۱، نقشه کاربری اراضی از طریق طبقه‌بندی بیشترین شباهت^۲ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ۲۰۱۶ و با استفاده از نرم‌افزار ENVI به دست آمد. سپس با استفاده از مدل رقومی ارتفاع، آبراهه‌ها استخراج و نقشه تراکم زهکشی با استفاده از ابزار Line density تهیه شد. برای ارزش‌گذاری لایه‌های کاربری اراضی، لیتولوژی و خاک، از نرم‌افزار IDRISI استفاده شد. مطالعه پژوهش‌های صورت گرفته و نتایج آنها نشان داد که تحلیل‌های سلسله مراتبی، نتایج نسبتاً مطلوبی را برای پهنه‌بندی سیل‌خیزی ارائه می‌دهد. براساس تئوری فازی، یک عنصر می‌تواند تا درجاتی و نه کاملاً عضو یک مجموعه باشد؛ به عبارت دیگر، یک مجموعه فازی، مجموعه‌ای از نشانه‌ها با ویژگی‌های مشابه است که در آن، مجموعه دارای درجه‌ای مشخص از صفر تا یک است. مقدار صفر، به مفهوم فقدان عضویت و مقدار یک به مفهوم عضویت کامل می‌باشد. در منطق فازی با بهره‌گیری از توابع مختلف فازی، می‌توان داده‌ها و معیارها را بنا به عملکردشان در محدوده بین صفر تا یک قرار داد و در نتیجه، سطح تأثیر هر یک از طبقات معیارها را در وقوع یک پدیده همچون سیل نشان داد (javid, Abedini and Beheshti, 2016). بنابراین، در این پژوهش با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی FAHP از نرم‌افزار Expert CHOISE برای وزندهی لایه‌ها استفاده شد و در نهایت، در محیط Arc GIS با استفاده از گاما ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ استفاده و نقشه سیل‌خیزی حوضه تهیه شد.

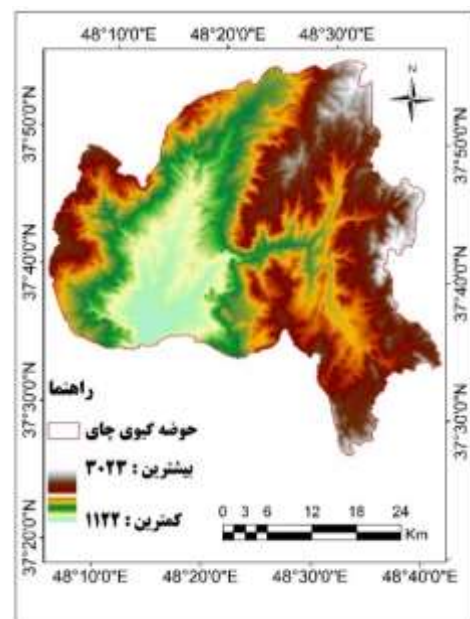
^۱ USGS

^۲ Maximum Likelihood Classification

با مطالعه مبانی نظری و مقالات، عوامل مؤثر متعددی که در سیل‌خیزی حوضه‌ها دخیل است، استخراج و تهیه شد. در این مقاله از نه عامل برای پهنه‌بندی سیل‌خیزی حوضه گیوی‌چای استفاده شد. این عوامل عبارتند از: ارتفاع: با افزایش ارتفاع، توان سیل‌خیزی حوضه افزایش می‌یابد. در این مقاله برای فازی‌سازی لایه ارتفاع، از تابع خطی افزایشدهنده Linear استفاده شد. نقشه ارتفاع حوضه مورد مطالعه در شکل ۲ نمایش داده شده است. تراکم زهکشی: تراکم زهکشی حوضه برحسب کیلومتر مربع بیان می‌شود. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، بالاترین تراکم زهکشی ۲/۸۲ کیلومتر مربع است. برای فازی‌سازی لایه از تابع Small استفاده و Midpoint و Spread آن به ترتیب ۱/۴۵ و ۲ در نظر گرفته شد. نقشه فازی شده تراکم زهکشی در شکل ۱۲ ارائه شده است.



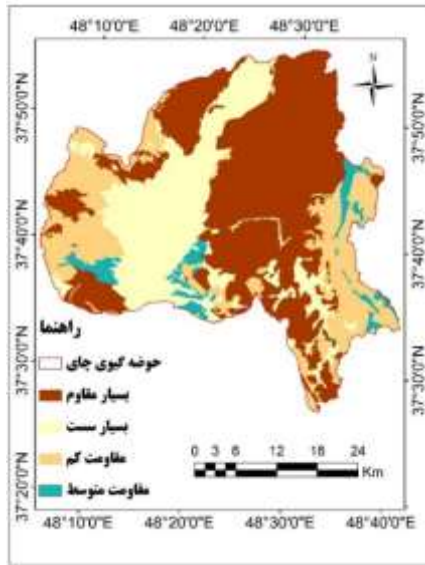
شکل ۳: نقشه تراکم زهکشی حوضه مورد مطالعه



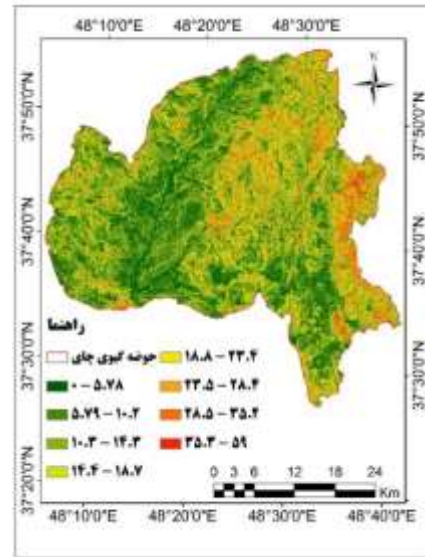
شکل ۲: نقشه ارتفاع حوضه مورد مطالعه

شیب: با افزایش شیب، خطر سیل‌خیزی حوضه نیز افزایش می‌یابد؛ به همین منظور، از رابطه خطی افزایشدهنده استفاده شد. نقشه شیب حوضه مورد مطالعه در شکل ۴ و نقشه فازی شیب در شکل ۱۳ ارائه شد.

لیتولوژی: از عوامل مهم و تأثیرگذار بر وقوع رواناب و سیلاب‌ها، نفوذپذیری سازندها است (شکل ۵). سازندهایی که در مقابل نفوذپذیری رواناب مقاومت بالایی دارند، امتیاز بیشتر و سازندهایی که نفوذپذیری بالایی دارند، امتیاز کمتری را به خود اختصاص می‌دهند. سپس فازی‌سازی در نرم‌افزار IDRISI صورت گرفت و در شکل ۱۵ ارائه شد.



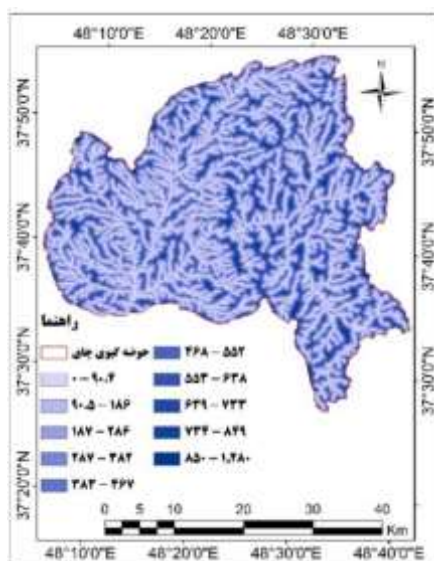
شکل ۵: نقشه لیتولوژی حوضه مورد مطالعه



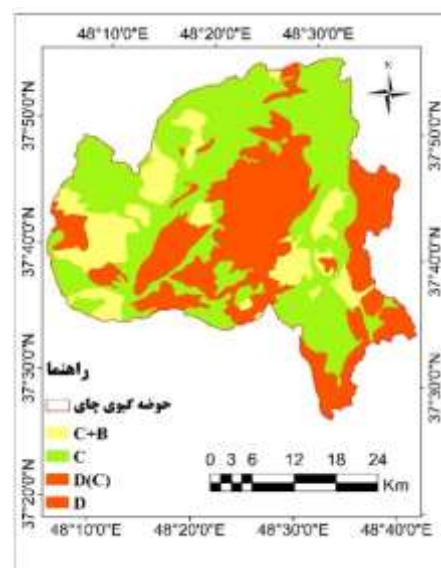
شکل ۴: نقشه شیب حوضه مورد مطالعه

خاک: نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک، از طریق مطالعه طرح توجیهی سیل‌خیزی حوضه توسط مشاوره تکم سال ۱۳۸۱ تهیه شد (شکل ۶). بر اساس پیشنهاد سازمان SCS در حوضه‌های آبریز، خاک‌ها از نظر ظرفیت نفوذ آب به داخل خاک در چهار گروه هیدرولوژیک قرار می‌گیرند؛ گروه A هیدرولوژی خاک نفوذپذیری خیلی بالا، گروه B نفوذپذیری بالا، گروه C نفوذپذیری کم و گروه D نفوذپذیری خیلی کمی دارد. نقشه گروه هیدرولوژی (شکل ۶) و نقشه فازی شده در شکل ۱۶ ارائه شده است.

فاصله از رودخانه: هر قدر فاصله از رودخانه افزایش یابد، خطر سیل‌خیزی هم کاهش می‌یابد. در این پژوهش برای فازی‌سازی از تابع Small استفاده شد. Midpoint و Spread آن به ترتیب ۶۰ و ۵ بود. شکل ۷، نقشه فاصله از رودخانه را نشان می‌دهد و در شکل ۱۷ نقشه فازی شده ارائه شده است.



شکل ۷: نقشه فاصله از رودخانه حوضه مورد مطالعه



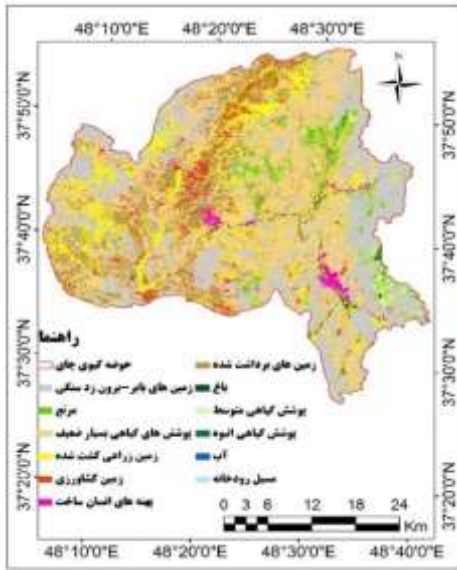
شکل ۶: نقشه هیدرولوژی خاک حوضه مورد مطالعه

بارش: بارش یکی از عوامل مؤثر دیگر در سیل‌خیزی است. برای تهیه نقشه بارش (شکل ۸)، از داده‌های ایستگاه باران‌سنجی سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۵ دریافت شده از شرکت مدیریت منابع آب ایران استفاده شد. مشخصات ایستگاه‌های باران‌سنجی در جدول ۱ ارائه و برای فازی‌سازی لایه بارش از تابع Large استفاده شد؛ به طوری که Midpoint و Spread آن به ترتیب ۴۰۰ و ۵ بود. نقشه فازی شده نیز در شکل ۱۸ ارائه شده است.

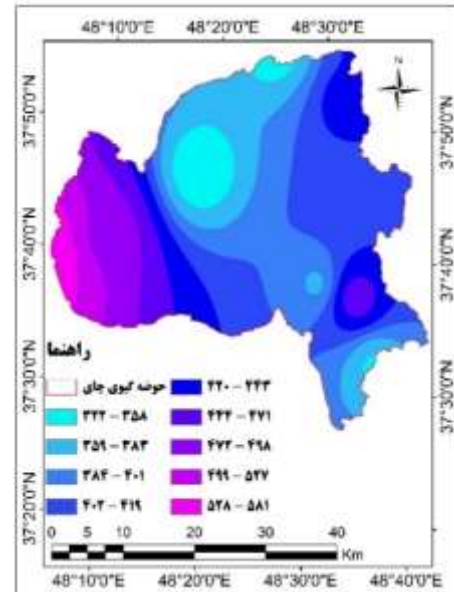
جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های باران‌سنجی

ایستگاه	بارش	مختصات		
		طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع
آرپاچای	۴۳۰/۸۹	۴۸-۳۲-۲۹	۳۷-۵۱-۵۷	۲۴۸۰
پردستلو	۴۸۹/۹۲	۴۸-۱۰-۰۱	۳۷-۴۱-۵۴	۱۶۱۱
خانقاه سادات	۴۶۱/۰۱	۴۸-۳۴-۰۵	۳۷-۳۷-۱۰	۱۹۵۳
خلخال	۳۷۹/۱	۴۸-۳۰-۵۹	۳۷-۳۸-۰۸	۱۸۰۶
قره قشلاق	۳۲۲/۱۷	۴۸-۱۸-۳۳	۳۷-۴۶-۱۲	۱۳۸۰
کلور	۴۱۵/۱۹	۴۸-۴۳-۱۶	۳۷-۲۳-۰۳	۱۵۸۱
خمس	۳۵۱/۷۲	۴۸-۳۶-۳۴	۳۷-۳۲-۴۱	۱۹۴۷
لمبر	۴۰۷/۶۴	۴۸-۳۱-۱۰	۳۷-۴۴-۴۲	۱۹۰۰
زرچ‌آباد	۶۰۹/۶۸	۴۸-۰۳-۲۳.۶	۳۷-۳۸-۵۷	۲۰۱۴
شیرج‌آباد	۵۲۴/۹۷	۴۸-۳۰-۰۱	۳۷-۳۷-۴۴	۱۹۲۴
هل‌آباد	۳۳۰/۴۶	۴۸-۲۵-۲۶	۳۷-۵۶-۱۳	۱۷۷۹
نئور	۴۶۳/۸۵	۴۸-۳۳-۴۲	۳۸-۰۰-۴۷	۲۵۱۱

کاربری اراضی: برای استخراج کاربری اراضی از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ سال ۲۰۱۶ استفاده شد (شکل ۹). با توجه به میزان نفوذپذیری هر کدام از کاربری‌ها، یک کد اختصاص داده شد و به نقشه کمی تبدیل شد، سپس فازی‌سازی در نرم‌افزار IDRISI صورت گرفت (شکل ۱۷).

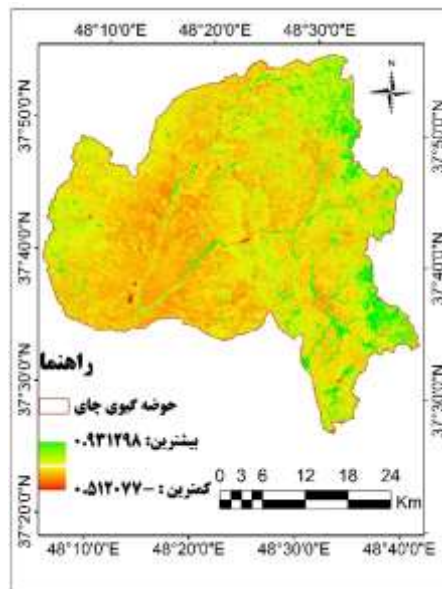


شکل ۹: نقشه کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه



شکل ۸: نقشه بارش حوضه مورد مطالعه

پوشش گیاهی: پوشش گیاهی زیاد می‌تواند به کاهش شدت سیل منجر شود؛ زیرا مانند لایه‌ای محافظ عمل می‌کند و به کند شدن سرعت رسیدن قطرات باران به سطح زمین می‌انجامد و از شدت رواناب می‌کاهد. در این مقاله برای پوشش گیاهی، از تصویر ماهواره‌ای و شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)^۱ استفاده گردید (شکل ۱۰). سپس برای فازی‌سازی، از تابع عضویت Linear استفاده شد. حداقل و حداکثر پوشش گیاهی ۰/۵ و ۰/۰۵ در نظر گرفته شد (شکل ۱۹).



شکل ۱۰: نقشه پوشش گیاهی حوضه مورد مطالعه

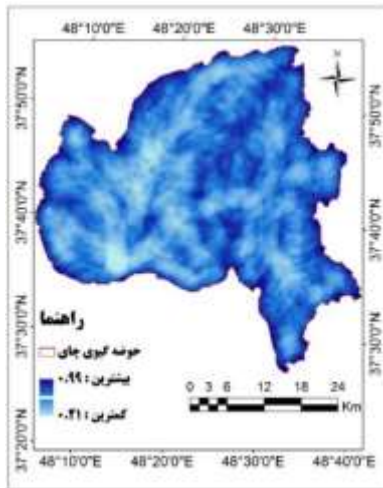
^۱ Normalized Difference Vegetation Index

۴- یافته‌ها (نتایج)

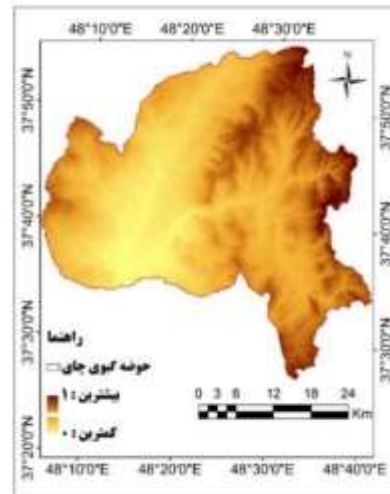
بعد از تهیه عوامل مؤثر مزبور، عملیات فازی‌سازی آنها صورت گرفت. برای فازی‌سازی، لایه‌های کاربری اراضی، زمین‌شناسی و هیدرولوژی خاک ابتدا به نقشه‌های کمی تبدیل و با استفاده از نرم‌افزار IDRISI فازی‌سازی شد. سپس وزندهی لایه‌ها با استفاده از Expert choice صورت گرفت. وزن لایه‌های مؤثر، در جدول ۲ و نقشه‌های فازی شده در ادامه ارائه شده‌است.

جدول ۲: وزن نهایی معیارها

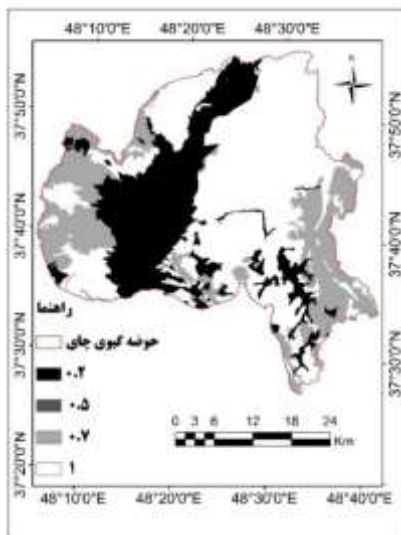
وزن نهایی	لایه‌های مؤثر
۰/۲۶	تراکم زهکشی
۰/۱۸	فاصله از رودخانه
۰/۰۵۴	کاربری اراضی
۰/۱۴	بارش
۰/۰۳۱۳	لیتولوژی
۰/۰۲۳	شیب
۰/۰۱۳	هیدرولوژی خاک
۰/۰۱	ارتفاع
۰/۰۷	پوشش گیاهی



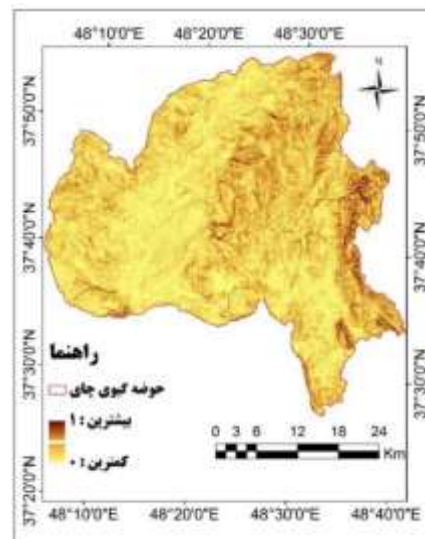
شکل ۱۲: نقشه فازی شده تراکم زهکشی حوضه مورد مطالعه



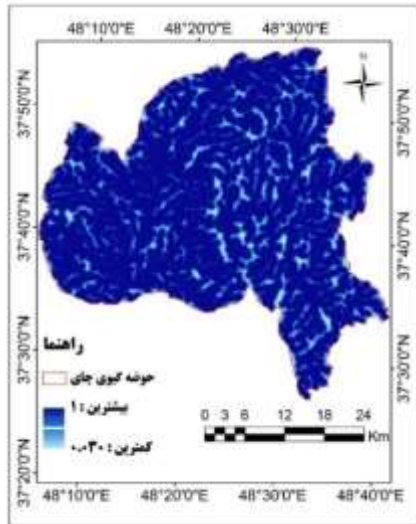
شکل ۱۱: نقشه فازی شده ارتفاع حوضه مورد مطالعه



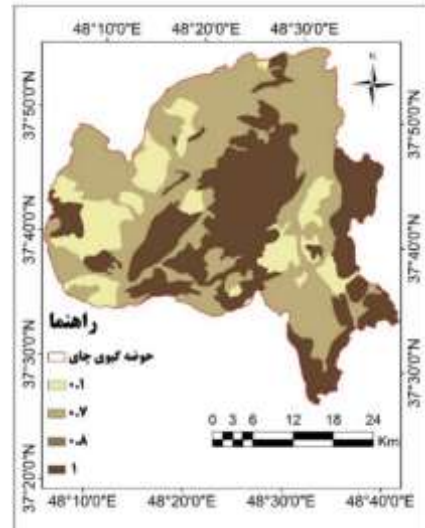
شکل ۱۴: نقشه فازی شده لیتولوژی حوضه مورد مطالعه



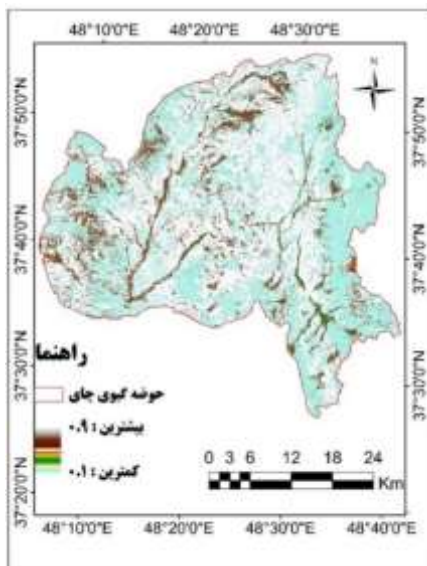
شکل ۱۳: نقشه فازی شده شیب حوضه مورد مطالعه



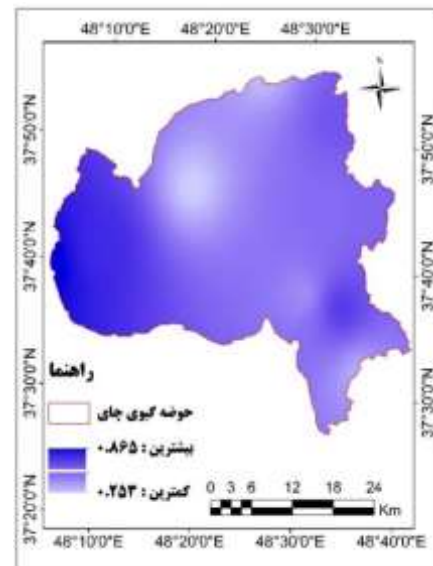
شکل ۱۶: نقشه فازی شده فاصله از رودخانه حوضه مورد مطالعه



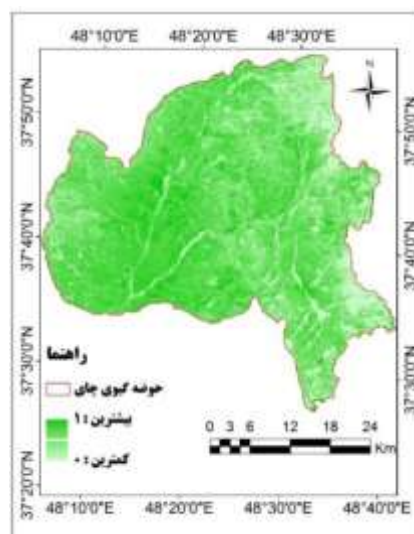
شکل ۱۵: نقشه فازی شده هیدرولوژی خاک حوضه مورد مطالعه



شکل ۱۸: نقشه فازی شده کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه

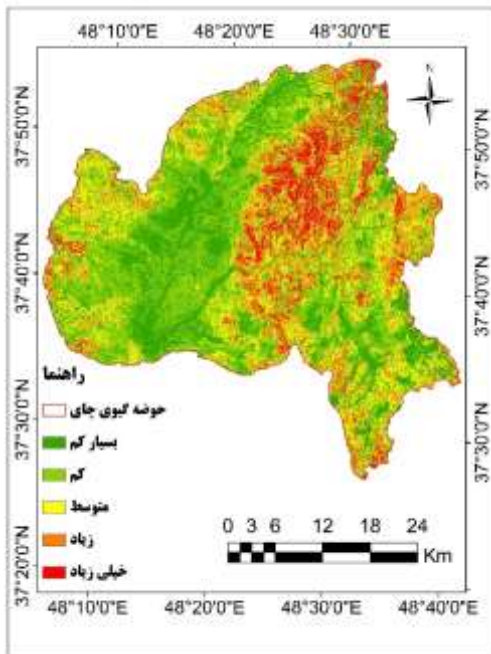


شکل ۱۷: نقشه فازی شده بارش حوضه مورد مطالعه

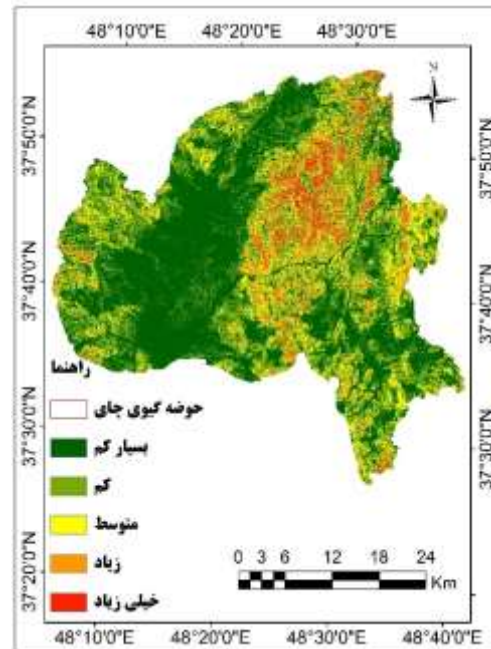


شکل ۱۹: نقشه فازی شده پوشش گیاهی حوضه مورد مطالعه

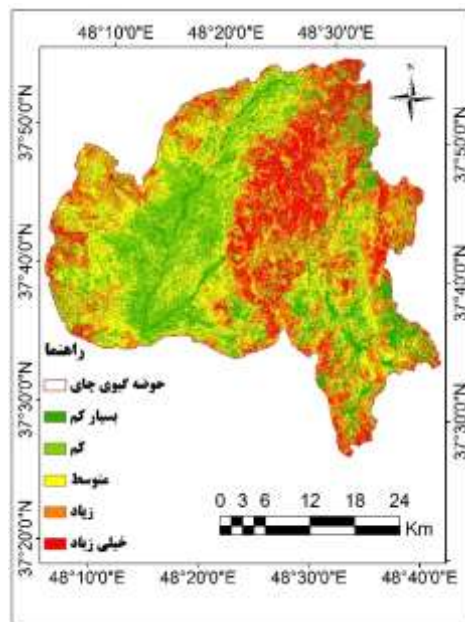
پس از آماده‌سازی عوامل مؤثر برای پهنه‌بندی توان سیل‌خیزی حوضه، از عملگر فازی گاما ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ استفاده شد (شکل‌های ۲۰، ۲۱ و ۲۲). نقشه‌های پهنه‌بندی، گاما ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ را نشان می‌دهد. در جدول ۲، مساحت و درصد پهنه‌های مختلف خطر ارائه شده‌است.



شکل ۲۱: نقشه پهنه‌بندی سیل گاما ۰/۷



شکل ۲۰: نقشه پهنه‌بندی سیل گاما ۰/۵



شکل ۲۲: نقشه پهنه‌بندی سیل گاما ۰/۹

جدول ۳: مساحت و درصد پهنه‌های مختلف خطر گاما ۰/۹، ۰/۷ و ۰/۵

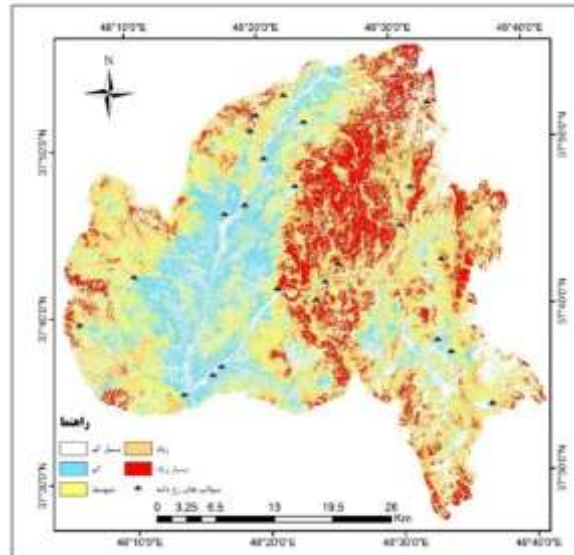
گاما ۰/۹					
بسیار کم	کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد	
۳۱۶/۳۹	۲۴۷/۹۸	۳۸۸/۳۳	۳۷۹/۸۶	۲۰۸/۳۲	مساحت
۲۰/۵	۱۶	۲۵/۲	۲۴/۶	۱۳/۵	درصد
گاما ۰/۷					
۴۱۸/۱۷	۴۳۸/۵	۳۵۸/۰۲	۲۲۶/۷۷	۹۹/۳۵	مساحت
۲۷/۱	۲۸/۴	۲۳/۲	۱۴/۷	۶/۴	درصد
گاما ۰/۵					
۷۲۵/۵۴	۴۰۶/۱۳	۲۴۱/۶۹	۱۲۰/۴۰	۴۷/۱۳	مساحت
۴۷	۲۶/۳	۱۵/۶	۷/۸	۳	درصد

جدول ۳، نتایج همبستگی گاما ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ را با هر یک از زیر معیارها نشان می‌دهد. برای مشخص کردن نقشه نهایی سیل‌خیزی، نقاطی به صورت تصادفی بر روی نقشه پهنه‌بندی انتخاب شد. سپس میزان همبستگی بر اساس نقاط مشخص شده با هر کدام از معیارها در نرم‌افزار ARC GIS به دست آمد. بر اساس نتایج به دست آمده، بالاترین میزان همبستگی مربوط به گاما ۰/۹ است. پوشش گیاهی بیشترین همبستگی ۰/۵ و لیتولوژی ۰/۰۶۲ کمترین میزان همبستگی را با گاما ۰/۹ دارد.

جدول ۴: نتایج همبستگی گاما با زیر معیارها

ارتفاع	شیب	بارش	کاربری اراضی	لیتولوژی	هیدرولوژی خاک	پوشش گیاهی	فاصله از رودخانه	تراکم زهکشی
۰/۲۸۲۴	۰/۳۴۸۲	۰/۱۲۰۲	۰/۲۲۱۴	۰/۰۶۲۱	۰/۱۷۴۱	۰/۵۹۰۸	۰/۰۷۲۸	۰/۰۵۲۰
۰/۰۰۴۶	۰/۰۰۴۳	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۷۳	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۰۴
۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰

از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۹، ۳۷ سیلاب در حوضه مورد مطالعه در بخش‌ها و روستاهای مختلف رخ داد که به تخریب خانه‌های روستایی، باغ، زمین‌های زراعی و دام‌ها منجر شد (شکل ۲۴). همچنین آخرین سیلاب در حوضه مورد مطالعه، در روستاهای مصطفی لو، بولوکان، مورستان و خدا قشلاقی - که طبق نقشه نهایی پهنه‌بندی سیل‌خیزی در پهنه بسیار پرخطر قرار گرفته است - رخ داد و در شکل ۲۳ ارائه شده است.



شکل ۲۳: نقشه نهایی سیل‌خیزی حوضه مورد مطالعه



شکل ۲۴: تخریب خانه‌های روستای مصطفی‌لو (منبع: <https://galamnews.ir/gallery>)

۵- بحث و نتیجه‌گیری

سیل یکی از رایج‌ترین خطرهای محیطی است که بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵، حدود ۴۶ درصد از بحران‌های طبیعی را به خود اختصاص داد و ۲/۳ میلیارد نفر را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به اقتصاد خسارت ۶۶۲ میلیارد دلاری وارد می‌سازد. در طی سال‌های اخیر، حوضه گیوی‌چای به دلیل تغییرات کاربری اراضی شدید، از بین رفتن پوشش گیاهی و باران‌های رگباری، تحت تأثیر سیل قرار گرفت. در پژوهش حاضر با توجه به مسئله اصلی و هدف - که تعیین مناطق کم‌خطر و پرخطر در حوضه مورد مطالعه است - در انتخاب معیارها و روش، از تجارب پژوهش‌های صورت گرفته در ایران و خارج از ایران استفاده شد. در این پژوهش با استفاده از مدل FAHP، ارزیابی پهنه‌بندی توان سیل‌خیزی در حوضه گیوی‌چای انجام شد. برای پهنه‌بندی سیل‌خیزی نیز از داده‌های ارتفاع، شیب، لیتولوژی، بارش، پوشش گیاهی، هیدرولوژی خاک، فاصله از رودخانه، تراکم زهکشی و کاربری اراضی استفاده شد. شیب بالا و کوهستانی بودن حوضه مورد مطالعه و به تبع آن بالا بودن میزان بارندگی، به افزایش آبراهه‌ها و میزان تراکم زهکشی رودخانه‌ها منجر شد که عامل مهمی در افزایش خسارت در حوضه مورد مطالعه بود. پس از تهیه نقشه پهنه‌بندی حوضه مورد مطالعه، شدت سیل‌خیزی به پنج کلاس تقسیم شد: بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد. نتایج به‌دست آمده از پهنه‌بندی

سیل‌خیزی این حوضه نشان داد که بیشترین مساحت حوضه مورد مطالعه که با معیار گاما ۰/۹ نشان داده شده‌است، در بالاترین همبستگی قرار داشت. طبقات با توان بسیار کم، کم و متوسط به ترتیب گاما ۰/۵ و ۰/۷ مساحت این حوضه را در برمی‌گرفت. همچنین نقشه نهایی سیل‌خیزی حوضه با روستاهایی که در سال‌های اخیر به سبب سیل آسیب دیده‌بود، اعتبارسنجی شد. بیشترین مساحت مناطقی که در پهنه‌های با خطر بسیار بود، شیب زیاد، بارش‌های زیاد و از لحاظ لیتولوژی و هیدرولوژی خاک نفوذپذیری بسیار پایینی داشت و در مناطقی که پوشش گیاهی کمتر و ضعیف بود، همپوشانی و بیشتر در معرض سیلاب‌ها قرار داشت. نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش افرادی از جمله قنواتی (2014) و قلی‌زاده و همکاران (2018) مطابقت دارد.

منابع

1. Abdolazimi, S. H.; Roshun, H.; Shamsnia, S. A.; & H. Shahinifar, 2021. Identification of Potential Areas to Flood Inundation in Shiraz City Using TOPSIS-GIS, *Hydrogeomorphology*, 7(25), 139-159. (in Persian).
2. Abedini, M., & E. Beheshti javid., (2016). potential flooding, ANP, fuzzy logic, zoning, *Lighvan river*. 55(16), 312-293. (in persian).
3. Ahmadi, Y.; bazrafshan, O.; salajeghe, A.; holisaz, A.; & A. Azare, 2021. Risk analysis of urban flood in Bandar Abbas using Machine Learning model and Analytic Hierarchy Process, *E.E.R.*, 11(1), 36-57.
4. Andongma, W. T.; Kudamnya, E. A.; & J. N. Gajere, 2017. Flood Risk Assesment of Zaria Metropolis and Environs: A GIS Approach, *Asian Journal of Environment & Ecology*, 1-8.
5. Asadi, M., & K. Emami., (2022). Flood zoning of Bandar Abbas city and evaluation of the development trend of residential areas towards flood areas. *E.E.R.*, 11(1), 96-112. (in Persian).
6. Beheshti Javid, E.; Esfandiyari Darabad, F.; & S. Rostei, 2018. Evaluation of the Morphometric Effect of Landforms on Hydrological Processes of the Basin (Case Study: Northern Slopes of Sabalan), *Hydrogeomorphology*, 5(16), 177-197. (in Persian).
7. CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters)., 2015. The Human Cost of Weather-Related Disasters, 1995–2015. Louvain, Belgium: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
8. Dingman, S.L., 2008. Physical hydrology (2nd ed.). Illinois: Waveland Press Inc.
9. Esfandiyari Darabad, F.; Nezafat Taklreh, B.; & A. H. Paseban, 2022. Morphological Simulation of Flood Occurrence in Nooranchai River Using HEC-RAS Hydraulic Model, *E.E.R.*, 12(3), 190-210. (in Persian).
10. Esfandiary, F.; Rahimi, M.; & G. Pourmortaza, 2019. Flood zonation of Agerloo Cay Basin using the L-THIA method and fuzzy logic, *quantitative geomorphological researches*, 8(2), 155-171. (in Persian).
11. Ghanavati, E., 2014. Flood Risk Zonation for Karaj City Using Fuzzy Logic, *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 2(8), 113-131. (in Persian).
12. Gholizadeh, A.; Ghanavati, E.; Afsharmanesh, H.; & H. Amanullah Pour, 2018. Fuzzy Model Efficiency on Flooding Potential in the Basin of Zangmar, *Geographic Space*, 17(60), 227-245. (in Persian).
13. Hosseini, M., & F. Matlabifar., (2007). Study of Flood Management and Methods of Flood Damage Mitigation. Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR). 16(63), 35-38. (in Persian).
14. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 1998. World Disaster Report, Oxford University Press, Oxford
15. Jiang, W.; Deng, L.; Chen, L.; Wu, J.; & J. Li, 2009. Risk assessment and validation of flood disaster based on fuzzy mathematics, *Progress in Natural Science*, 19(10), 1419-1425

16. Lenderink, G., & E. Van Meijgaard., (2008). Increase in hourly precipitation extremes beyond expectations from temperature changes. *Nat Geoscience*. 1, 511-514.
17. Madadi, A.; Asghari, S.; Badamaky, M.; & E. Ghaleh, 2020. Flood hazard zoning in Kurayim Ghorichai catchment in Ardabil province, *quantitative geomorphological researches*, 9(2), 81-97. (in Persian).
18. Mojaddadi, H.; Pradhan, B.; Nampak, H.; Ahmad, N.; & A. H. B. Ghazali, 2017. Ensemble machine-learning-based geospatial approach for flood risk assessment using multi-sensor remote-sensing data and GIS, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8(2), 1080-1102. (in Persian).
19. Nasiri, H.; Mohd Yusof, M. J.; & T. A. Mohammad Ali, 2016. An overview to flood vulnerability assessment methods, *Sustain Water Resour Manag*, 2(3), 331-336.
20. NOAA National Centers for Environmental Information (NCEI) U.S. 2018. Billion-Dollar Weather and Climate Disasters Available <https://www.ncdc.noaa.gov/billions/>
21. Parker, D. J., 2000. Introduction to floods and flood management, *Floods*, 1, 3-39.
22. Plate, E. J., 2002. Flood risk and flood management, *Journal of Hydrology*, 267,1-2: 2-11.
23. Safarian Zengir, V.; Zenali, B.; & L. Jafarzadeh Aliabad, 2019. Assessment of synoptic conditions of occurrence of flood-induced rainfall in Khalkhal city with a perimeter environmental approach during the time period 2016- 1987, 10(19), 89-104. (in Persian).
24. Sharifi Paichoon, M., & F. Parnoon., (2018). Article Evaluation and spatial analysis of Floods in a river using Fuzzy Logic in geographic information system environment (Case Study: Qarasou River). *Journal of Natural environment hazards*. 7(15), 17-30.
25. UNU., 2004. Two billion vulnerable to floods by 2050; number expected to double or more in two generations. United Nations University. <http://www.unu.edu/news/ehs/floods.doc>
26. Valizadeh, K.; Azari, K.; & R. Delir, 2019. Flood zoning and its impact on land use in the surrounding area using unmanned aerial vehicles (UAV) images and GIS, *Journal of Rs and Gis for natural Resources*, 10(3), 59-75. (in Persian).
27. Velez, D., & P. Zlateva., (2011). An innovative approach for designing an emergency risk management system for natural disasters. *IJIMT*. 2(5), 407-413.
28. Yamani, M.; Toorani, M.; & S. Chezghe, 2012. Determination of the flooding zones by using HEC-RAS model (Case study: Upstream the Taleghan dam), *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 1(1), 1-16.
29. Zhang, J., & Y. Chen., (2019). Risk assessment of flood disaster induced by typhoon rainstorms in Guangdong province, China. *Sustainability*. 11(10), 2738.
30. <https://galamnews.ir>

Assessment and Zoning of Flood Risk in Givi Chai Basin

Siavosh Shayan¹: Associate Professor of physical Geography, Tarbiat Modarres University, Tehran. Iran

Mojtaba Yamani: Professor of Geomorphology, University of Tehran, Tehran, Iran

Amin Abdolalipour: MS c in physical Geography, Tarbiat Modarres University, Tehran. Iran

Nazfar Aghazadeh: PhD. Candidate, Department of Natural Geography, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University.

Received 2022/11/22

Accepted: 2023/07/29



Extended abstract

1- Introduction

The natural hazards are impossible to avoid, and infrastructure elements and communities cannot be made totally invulnerable. The only viable solution is the complex risk analysis and subsequent development of combination of mitigation and adaptation strategies. Floods are the most common natural disaster type worldwide. Between 1995 and 2015, 2.3 billion people were affected by floods, considerably more than any other type of natural disaster event. In general, the Givi Chai basin includes two cities, Khalkhal and Kausar. In recent years, floods have caused damage to gardens and facilities due to spring and summer rains to the extent that the villages that are located under the Sangur Chai basin because of being located at the source of the rivers and mainly in the course of the rivers are affected by floods; also in the whole basin due to droughts and the destruction of vegetation and the increase of man-made areas, the amount of impermeability has increased. Considering that Khalkhal is a mountainous area and is one of the areas sensitive to landslides in Azarbaijan region, heavy rainfall and floods can wash away the slopes of this area.

2- Methodology

The Givi Chai basin in the south of Ardabil province with an area of 1554 square kilometers is one of the 3rd degree basins of Sefidroud, which is located in the geographical coordinates of 48°4' E longitude to 48°38' E longitude 37°27' N latitude 37°55' N latitude. In order to achieve the goals of this research, firstly, the theoretical foundations and the works done in connection with flood zoning of basins in Iran and outside Iran were examined. Many variables are effective in the flood of basins. In this research, from the 1:100000 geological map, the slope maps were obtained using the digital height model map; the land use map was obtained through the classification of the Maximum Likelihood in ENVI software. In addition, using the digital model of the height of resolution to extract, a drainage density map was prepared using the Line density tool. In this research, using the FAHP fuzzy hierarchical analysis model, Expert CHOISE software was used for weighting the layers, and finally, a map was prepared in the Arc GIS environment using gamma 0.5, 0.7 and 0.9. The basin was flooded.

3- Results

After preparing the effective factors for zoning the flood potential of the basin, the gamma fuzzy operators of 0.5, 0.7 and 0.9 were used. 37 floods have occurred in the studied basin from 1365 to 1399 in different parts and villages, which caused the destruction of rural houses, gardens, agricultural lands and livestock. In order to determine the final flood map, points were

¹ Corresponding Author: shayan@modares.ac.ir

randomly selected on the zoning map, then the correlation level was obtained based on the specified points with each of the criteria in the ARC GIS software. Based on the results obtained from the correlation, the highest correlation level is related to gamma 0.9. Vegetation has the highest correlation of 0.5 and lithology has the lowest correlation with gamma of 0.9 and 0.062. Also, the last flood occurred in the studied basin in the villages of Mustafa Lo, Bolokan, Morestan and Khoda Qeshlagi, which are located in the high-risk zone according to the final flood zoning map.

4- Discussion & Conclusions

In this research, using the FAHP model, flood potential zoning has been evaluated in Givi Chai basin. The data of height, slope, lithology, precipitation, vegetation, soil hydrology, distance from the river, drainage density and land use have been used for flood zoning. After preparing the zoning map, the studied basin was divided into five classes based on the severity of flooding: very low, low, medium, high, very high. The results obtained from the flood zoning of Givi Chai basin have shown that the largest area of the studied basin, which is 0.9 gamma scale, has the highest correlation. The strata with very low, low and medium potential, gamma 0.5 0.7, were showed. cover the area of Givi Chai basin. Also, the final flood map of the basin was validated with the villages that have been damaged by floods in recent years. The areas which are more exposed to floods are in the regions that have very low permeability in terms of lithology and hydrology of the soil and in the areas where the vegetation cover as less as.

Key Words: Ardabil province, Assessment and Zoning, flooding, Givi chaie River, fuzzy model.