DOI: 20.1001.1.20085656.1401.15.58.2.0

صص: ۴۷-۱۹

پهنه بندی پتانسیل سیل گیری با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و روش منطق فازی در محدوده مجتمع مس سرچشمه

الهام عباس پور

دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور زمین شناختی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

رضا حسن زاده*

استادیار گروه اکولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

مهدیه حسین جانی زاده

استادیار گروه اکولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

مسعود نصیری

مدیرعامل شرکت آب و محیط خاورمیانه، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۶/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۴

چکیده

سیل یکی از رایج ترین بلایای طبیعی جهان می باشد. عدم توجه به خطر احتمالی سیلاب‌ها در منطقه مجتمع مس سرچشمه با توجه به اهمیت معدنی و اقتصادی این منطقه، می‌تواند خسارات اقتصادی بالایی را به دنبال داشته باشد. این پژوهش با هدف پهنه‌بندی و شناسایی خطر سیل-گیری با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و منطق فازی (Fuzzy Logic) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در حوضه آبگیر سرچشمه انجام شده است. این نقشه نشان‌دهنده خطر سیل گیری بالا در محدوده پیت معدن، مسیر رود های منطقه و همچنین در محوطه کارگاه ارفع سازان، محل کارخانه جدید اسید و نیروگاه گازی می‌باشد. نتایج حاصل از نقشه سیل گیری در مقایسه با سیل‌های رخداده در سالیان گذشته در این منطقه نشان دهنده صحت بالای این نقشه می‌باشد. نتایج این پژوهش می‌تواند به مدیران و برنامه‌ریزان جهت سیاست گذاری کاهش خطرات سیل در مجتمع یاری رساند و همچنین پیش زمینه ای برای انجام مطالعات بعدی در رابطه با مخاطرات محیطی سیل باشد.

واژگان کلیدی: سیل گیری، AHP، فازی، حوضه آبریز سرچشمه، مجتمع مس سرچشمه، استان کرمان.

*نویسنده مسئول:

مقدمه

سیل رایج ترین بلای طبیعی است که جوامع انسانی در سراسر جهان را تحت تأثیر قرار می دهد. تخمین زده می شود که بیش از یک سوم سرزمین‌های جهان مستعد سیل است و حدود ۸۲ درصد از جمعیت جهان را تحت تأثیر قرار می دهد. حدود ۱۹۶ میلیون نفر در بیش از ۹۰ کشور در معرض سیلاب های فاجعه بار هستند (Karki et al. 2011). دشتهای سیلابی و مناطق مجاور رودخانه همواره در معرض خطرات ناشی از وقوع سیلاب قراردارند. دوبن سیل را به عنوان شرایط موقت آبهای سطحی (رودخانه، دریاچه، دریا) تعریف می کند که در آن سطح و یا تخلیه آب بیش از مقدار مشخصی است که در آن محل از سیستم های طبیعی خود خارج می شود (Douben .2006). در کشور ما اکثر سیلاب های مخرب به علت بارش هایی هست که چند روز یا چند ساعت ادامه دارد (امیدوار،۱۸۸،۱۳۹۰). با توجه به رژیم بارش در کشورمان هر ساله شاهد وقوع این پدیده در اکثر نقاط کشور هستیم. همچنین عوامل مختلفی مانند از بین رفتن پوشش گیاهی، تغییر کاربری اراضی و ... باعث تشدید سیلاب‌ها می شود (Islam et al. 2000). افزایش فرکانس وقوع سیلابهای خسارت‌زا در بیشتر حوضه های کشور و گسترش طرح‌های توسعه منابع آب در آنها، ضرورت ایجاد سامانه های پیش بینی و کنترل سیل را بیش از پیش مطرح کرده است (کشتکار و فیضی و اعلمی، ۱۳۹۷، ۵۸۸).

راهکارهای مختلفی برای بررسی و کاهش خطرات سیلاب وجود دارد یکی از این راه حل ها پهنه‌بندی پتانسیل سیل گیری می‌باشد که به عنوان ابزاری اساسی برای مدیریت کاهش خطرات سیل بکار می رود (لشکری پور و عقیلی و افضلی، ۱۳۹۷، ۸). پتانسیل سیل گیری با توجه به ویژگیهای هر حوضه متفاوت بوده و به عوامل مختلفی بستگی دارد که می توان به شیب، ارتفاع، پوشش گیاهی و ... اشاره کرد.

استفاده از داده های سنجش از دور و مدل های تحلیل مکانی با توجه به کارایی سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در ارزیابی مخاطرات طبیعی رو به افزایش است.(Meaden.2013) . در این زمینه می‌توان به مطالعات انجام شده توسط اوزترک و باتوک در سال ۲۰۱۱ اشاره کرد. آنها با استفاده از لایه‌های بارندگی سالانه، مساحت زیرحوضه‌ها، ارتفاع، شیب، جهت شیب و ضریب زهکشی و با کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی و سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره و معرفی برنامه GIS-MCDA اقدام به پهنه‌بندی حوضه جنوبی مرمره ترکیه کردند (Ozturk et al. 2011). در سال ۲۰۱۵ نورعلیشاه و همکاران به پهنه‌بندی خطر سیل و ارزیابی ریسک آن برای بندر Segamat در مالزی، با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی پرداختند. نتایج آنها با سیلاب‌هایی که امروزه به طور متناوب در این منطقه رخ می‌دهد تایید می‌شود و باعث می‌شود که بتوان با اقتدار و اعتماد کامل در خصوص مدیریت سیلاب‌ها تصمیم‌گیری شود (Nur-Alishah et al. 2015). رجب خلیل در سال ۲۰۱۸ با استفاده از تصاویر SPOT و فرایند تحلیل سلسله مراتبی در GIS به ارزیابی خطر سیل در جده عربستان پرداخته است. براساس یافته های وی، یک میلیون نفر در جده در معرض خطرات بسیارشدید سیل، دو میلیون نفر در معرض خطر شدید و حدود نیم میلیون نفر در معرض خطر متوسط تا ضعیف قرار دارند (Khalil et al. 2018) در سال ۲۰۱۷ مورفی به پهنه‌بندی خطر سیل در شهر تارلاک فیلیپین پرداخت و مناطق سیل‌گیر در این شهر را

برای برنامه‌ریزی و مدیریت بحران مشخص کرد تا با آگاهی جامعه و مسئولان دولت محلی بتوان احتمال وقوع فاجعه ناشی از وقوع سیل در آینده را به حداقل رساند (Dr. Murphy et al. 2017) پراتیک دش و جیشنوسر در سال۲۰۲۰ از طریق تجزیه و تحلیل چند معیاره در منطقه الله‌آباد هند و با استفاده از معیارهای تجمع جریان، قابلیت زهکشی، ارتفاع، عمق آب زیرزمینی، کاربری زمین، ضریب رواناب، شیب و زمین‌شناسی، مناطق احتمالی خطر سیل را شناسایی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که چارچوب تجزیه و تحلیل چند معیاره مبتنی بر GIS می‌تواند به طور موثر برای تجزیه و تحلیل خطر سیل برای پشتیبانی تصمیم‌گیری در مدیریت بلایا و خطرات طبیعی استفاده شود (Patric Dash et al. 2020).

درکشور ایران نیز مطالعات زیادی درخصوص کاربرد داده‌های دورسنجی و روش‌های فازی و تصمیم‌گیری چند متغییره در GIS جهت پهنه‌بندی سیلاب در رودخانه ها و شهرها، به انجام رسیده است. در این ارتباط می‌توان به مطالعات انجام شده توسط قنواتی در سال ۱۳۹۱ اشاره کرد که به پهنه‌بندی خطر سیلاب (سیل‌خیزی و سیل‌گیری) در شهر کرج با استفاده از مدل منطق فازی در محیط GIS پرداخت. در این تحقیق برای پهنه‌بندی از لایه‌های شیب، خاک، ژئومورفولوژی، کاربری اراضی، انحنای طولی، انحنای عرضی، بارش، تراکم زهکشی، فاصله از رود و زمین شناسی استفاده شد. سپس برای هر کدام از لایه‌ها با توجه به نوع روابطشان با پدیده سیل‌خیزی و سیل‌گیری و بر اساس توابع تعیین شده مقدار عضویت تعیین و وارد مدل گردید و نهایتاً با تلفیق لایه‌ها نقشه نهایی سیل‌خیزی و سیل‌گیری تهیه شد. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که مدل فازی با وجود پیچیدگی‌های بسیار، دارای مزیت‌های بسیاری در مطالعه پدیده‌های مختلفی که در ارتباط با سطح زمین است می‌باشد (قنواتی، ۱۲۵،۱۳۹۲). در سال ۱۳۹۶ احمدی و غلامی با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی، منطق فازی و تلفیق آن با GIS پدیده سیلاب در شهر لامرد (جنوب استان فارس) را مورد بررسی قرار دادند. معیارهای تاثیرگذار انتخابی آن‌ها شامل: معیارهای طبیعی (فاصله از آبراهه، زمین شناسی، شیب) و انسانی (شبکه معابر، پل‌های شهری، کاربری مسکونی، کاربری کشاورزی، جنگلی و قابلیت اراضی) می‌باشد. با استفاده از مدل AHP و با مقایسه زوجی معیارها و میزان اهمیت و تاثیر آنها، معیارها وزن‌دهی شدند. سپس لایه ها بر اساس روش منطق فازی درArc GIS طبقه‌بندی شده و با اعمال وزن برای تهیه نقشه نهایی تلفیق شدند. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، بخش مهمی از محدوده شهری در وضعیت خطر بسیار زیاد قرار گرفته است (غلامی و احمدی، ۱۳۹۸، ۱۱۰). مختاری و همکاران در سال ۱۳۹۸به پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر کلات نادری استان خراسان پرداختند. فاکتورهای موثر در وقوع سیلاب در این تحقیق شامل عامل هیدرولوژی، زمین‌شناسی، شیب، ارتفاع، تراکم زهکشی، فاصله از آبراهه و کاربری اراضی می‌باشد (مختاری و محمدنژاد و بهیانفر، ۱۳۹۸، ۲۳۰). بنابراین بر اساس مطالعات قبلی، چهارچوب مطالعاتی، معیارهای مهم و روش مورد استفاده جهت پهنه‌بندی خطر سیل گیری شناسایی شدند.

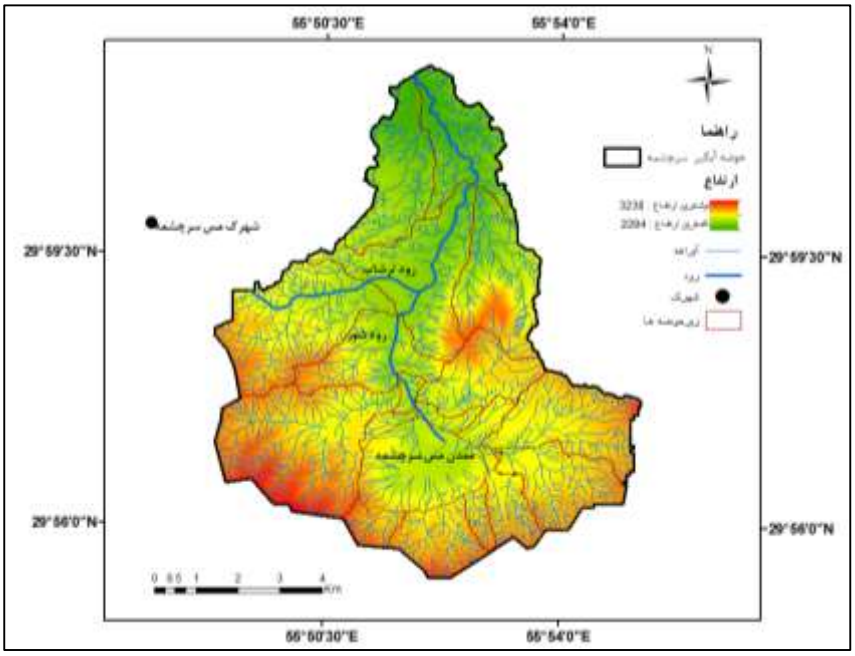
پهنه بندی خطر سیلاب با هدف بکارگیری در برنامه ریزی و مدیریت در کنترل و مهار سیل تا کنون در محدوده مجتمع مس سرچشمه مورد توجه نبوده و فعالیت چندانی در این زمینه صورت نگرفته است. لذا به منظور پیش بینی دامنه خسارات ناشی از سیلاب در شرایط مختلف و توجیه اقتصادی و اجتماعی، برنامه های کنترل و مهار سیلاب، پهنه بندی

خطر سیل ضروری به نظر می رسد. بنابراین با توجه به اهمیت منطقه و تغییر الگوی بارشی و همین طور سیلاب های سالهای گذشته مطالعه این موضوع در منطقه ضروری به نظر می رسد. این مطالعه تحقیق کاربردی بوده و هدف آن شناسایی و پهنه بندی مناطق پرخطر و سیل گیر در محدوده مس سرچشمه با استفاده از داده های سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور می باشد. یافته های این پژوهش می تواند جهت اقدامات اصلاحی و همین طور ارائه راهکارهای لازم جهت جلوگیری از خسارات و آسیب های احتمالی وارده در محدوده مجتمع مس سرچشمه مورد استفاده قرار گیرد.

داده ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در استان کرمان و در ۵۰ کیلومتری جنوب غرب رفسنجان واقع شده است. این منطقه بخشی از حوضه آبگیر رودخانه شور است که به سد آبی مجتمع مس سرچشمه ختم می‌شود. حداکثر ارتفاع حوضه ۳۲۳۸ متر و حداقل آن ۲۲۸۴ متر، در محل بستر سد آبی مجتمع مس سرچشمه است. اقلیم منطقه سرد و کوهستانی بوده، متوسط بارندگی ۲۶۵ میلی متر و حداقل دمای مشاهده شده ۲۰- و حداکثر دما ۳۵ درجه سانتی گراد می باشد. محدوده مورد مطالعه حدود ۶۸ کیلومتر مربع می باشد که از حوضه آبگیر رودخانه شور ارتفاعات اطراف معدن شروع شده و در نهایت به سد آبی رودخانه شور ختم می‌گردد. (شکل ۱).

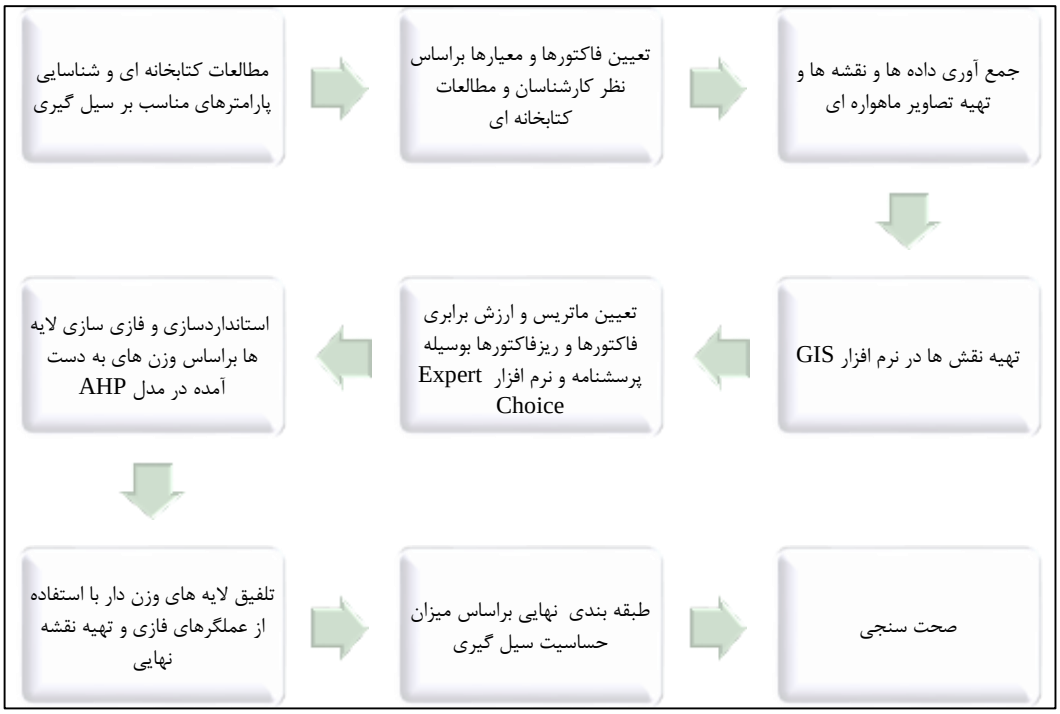


مأخذ: نگارندگان

شکل ۱. محدوده منطقه مورد مطالعه

روش‌های مختلفی برای پهنه بندی سیلاب وجود دارد که از این میان مکانیابی با استفاده از روشهای سنتی و متداول بسیار دشوار بوده و می تواند باعث بروز خطاهای زیادی شود. اما، سنجش از دور و GIS ابزارهای قدرتمندی برای بررسی مخاطرات طبیعی هستند که به مدیران و برنامه‌ریزان امکان ارزیابی پتانسیل خطرات طبیعی از جمله سیل را با در نظر گرفتن چندین متغییر می‌دهند به همین دلیل تصاویرماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای شناسایی مناطق سیل‌خیز، پهنه‌بندی مناطق سیل‌گیر و برآورد خسارات وارده در سطح وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند و از دقت خوبی هم برخوردار هستند (Broshke et al. 2007)

نقشه پهنه‌بندی خطر سیل‌گیری در این پژوهش با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و مدل فازی در محیط GIS تهیه شده است. ابتدا عوامل موثر در پهنه‌بندی پتانسیل سیل گیری از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و با نظر کارشناسان شناسایی شدند. سپس داده های مورد نیاز از منابع مختلف جمع آوری شده و نقشه آنها در نرم افزار GIS تهیه شد. در مرحله بعد از طریق مقایسه زوجی و نظرات کارشناسان و با استفاده از روشAHP، وزن هرکدام از معیارها و زیرمعیارها محاسبه شده و سپس استاندارد سازی لایه ها انجام شده و لایه ها فازی شدند و نهایتا تلفیق لایه ها با استفاده از عملگرهای فازی انجام شده و نقشه نهایی بدست آمد. شکل ۲ مراحل انجام کار وجدول ۱ معیارهای انتخابی و نحوه تهیه آنها را نشان می‌دهد.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۲. مراحل انجام کار

جدول ۱. معیارهای مورد استفاده در پهنه بندی سیل گیری

ردیف	معیار	نوع معیار	چگونگی تهیه
۱	ارتفاع	کمی	با استفاده از DEM ماهواره Alos palsar در محیط GIS
۲	شیب	کمی	با استفاده از DEM ماهواره Alos palsar در محیط GIS
۳	کاربری اراضی	کیفی	با استفاده از تصویر ماهواره سنتینل ۲ در محیط GIS
٤	فاصله از رودخانه	کمی	با استفاده از DEM ماهواره Alos palsar در محیط GIS
٥	شاخص قدرت جریان	کمی	با استفاده از DEM در محیط SAGA GIS
٦	وجود موانع در بستر رودخانه	کیفی	با استفاده از از تصویر ماهواره و بازدید میدانی در محیط GIS
۷	پروفایل عرضی بستر رودخانه	کمی	با استفاده از نقشه رودخانه های اصلی منطقه

مأخذ: نگارندگان

الف) مواد و داده های مورد نیاز (آیا این مطالب لازم است)

داده های مورد استفاده در این پژوهش عبارتند از:

- ✓ داده های ماهواره ای: شامل تصاویر ماهواره Alos palsar و سنتینل ۲؛
- ✓ داده های سازمانی: شامل نقشه زمین شناسی اخذ شده از مجتمع مس سرچشمه، نقشه آبراهه‌ها، حوضه آبریز و اطلاعات ایستگاه های هواشناسی و هیدرولوژی منطقه و نقشه تاسیسات مجتمع؛
- ✓ داده های میدانی: شامل مشاهده و برداشت اطلاعات مورد نیاز برای تهیه پارامتر موانع مسیر رودخانه، کنترل نتایج لایه کاربری اراضی و همچنین کنترل نتایج پهنه بندی سیلاب، تهیه تصاویر منطقه ای، مقایسه نتایج مدل با شرایط کنونی منطقه از طریق داده‌های Google Earth و مصاحبه با کارشناسان متخصص منطقه.

ب) ابزارها و مدل‌ها

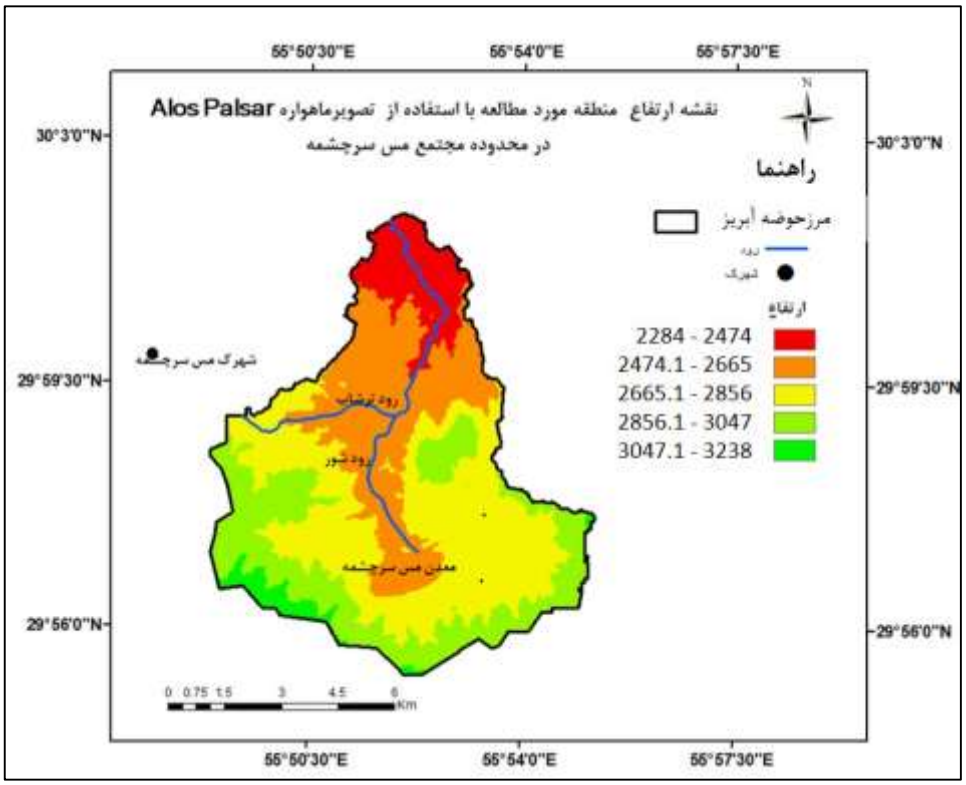
در این پژوهش از دو مدل تحلیل سلسله مراتبی و فازی در محیط GIS استفاده شده است. پس از آماده‌سازی و تهیه لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS، برای تعیین وزن معیارها و زیرمعیارها و اولویت‌بندی از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP استفاده شد که یکی از مهم ترین روش‌های موجود در تصمیم گیریهای چند شاخصه است. این تکنیک مسئله را به صورت سلسله مراتبی فرموله کرده و می‌تواند هر دو معیار کمی و کیفی را در نظر بگیرد (قدسی پور، ۱۳۹۲، ۳۰). تعداد زیادی از پژوهشگران پهنه‌بندی مناطق مستعد سیل را با استفاده از روش AHP تایید کرده‌اند. در این روش با استفاده از نظرات کارشناسان و متخصصان و تهیه ماتریس‌های مقایسه زوجی، وزن و اهمیت هر یک از معیارها و زیر معیارها برای هدف مورد نظر مشخص و اولویت بندی و سپس وزن آنها با استفاده از نرم افزار Expert Choice محاسبه شده و نرخ ناسازگاری نیز همزمان توسط نرم‌افزار محاسبه می‌شود. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد. علاوه بر این نحوه قضاوتها و محاسبات را تسهیل کرده و همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم نهایی را نشان میدهد. (کاظمی و اعلمی، ۱۳۹۶، ۳). منطق فازی برای

اولین بار در سال ۱۹۶۵ بوسیله پرفسور لطفی‌زاده در پی تنظیم نظریه مجموعه‌های فازی مطرح شد. تئوری فازی روش و ابزاری قوی و انعطاف پذیر برای مدل سازی عدم قطعیت‌های دنیای واقعی و بیان عبارت زبانی تجربه و دانش بشری در قالب روابط ریاضی است. این نظریه از زمان ابداع تاکنون گسترش و کاربرد زیادی پیدا کرده است (دوستی و مظفری،۱۳۹۴، ۱۰). مجموعه‌های فازی و توابع عضویت نظریه‌های مجموعه‌های فازی بر اساس منطق فازی هستند و اصولا در شرایط ابهام و تردید به کارگرفته می‌شوند. (انتظاری و اسدی، ۱۳۹۴،۸۰). برای تلفیق نقشه ها از پنج عملگر فازی اشتراک، اجتماع، ضرب، جمع و گامای فازی استفاده می شود.

تجزیه و تحلیل عوامل موثر بر سیل گیری

در این بخش عوامل موثر در سیل گیری و نحوه تاثیرگذاری آنها مورد بررسی قرار گرفته است. برای تهیه تعدادی لایه‌ها نیاز به مدل رقومی ارتفاع یا DEM می‌باشد. با توجه به مقیاس محدوده مورد مطالعه و داده‌های در دسترس، از داده ماهواره‌ای Alos Palsar و DEM به دست آمده از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ می‌توان استفاده کرد. برای مقایسه دقت هر دو DEM، شبکه آبراهه در هر دو استخراج و مقایسه گردید. نتایج نشان داد که DEM ماهواره ALOS از دقت بیشتری برخوردار است و در این تحقیق از آن استفاده شد. از سایت https://vertex.daac.asf.alaska.edu داده‌های رقومی ماهواره Alos Palsar (با تفکیک مکانی ۱۲,۵ متر) مربوط به منطقه دانلود شد.

– **ارتفاع:** ارتفاع بر روی پدیده های هیدرولوژیکی حوضه موثر بوده و بر روی دما و بارش نیز تاثیر دارد و از آنجاییکه مناطق پایین‌دست دریافت‌کننده روان‌آب‌های مناطق بالادست هستند، در یک حوضه مشخص، احتمال سیل‌گیری در ارتفاعات بالاتر کمتر از مناطق پایین‌دست است. بنابراین بصورت کلی ارتفاع با سیل‌گیری رابطه معکوس دارد (Kamonchat et al. 2017) برای تهیه این لایه DEM ماهواره ALOS در محیط GIS فراخوانی شده و با دستور Extract by mask محدوده منطقه مورد مطالعه جدا شده و براساس مطالعات پیشین به ۵ طبقه با فواصل مساوی تقسیم شده است (شکل ۳). سپس بر اساس وزن زیر معیارهای های بدست آمده در مدل AHP فازی شده و لایه فازی شده نیز با دستور Raster calculator در وزن موثر خود ضرب گردیده و لایه فازی وزن دار ارتفاع بدست آمد (شکل ۴ الف و ب). جدول شماره ۳ وزن لایه ارتفاع بدست آمده در مدل AHP و طبقات آن را نشان می دهد.



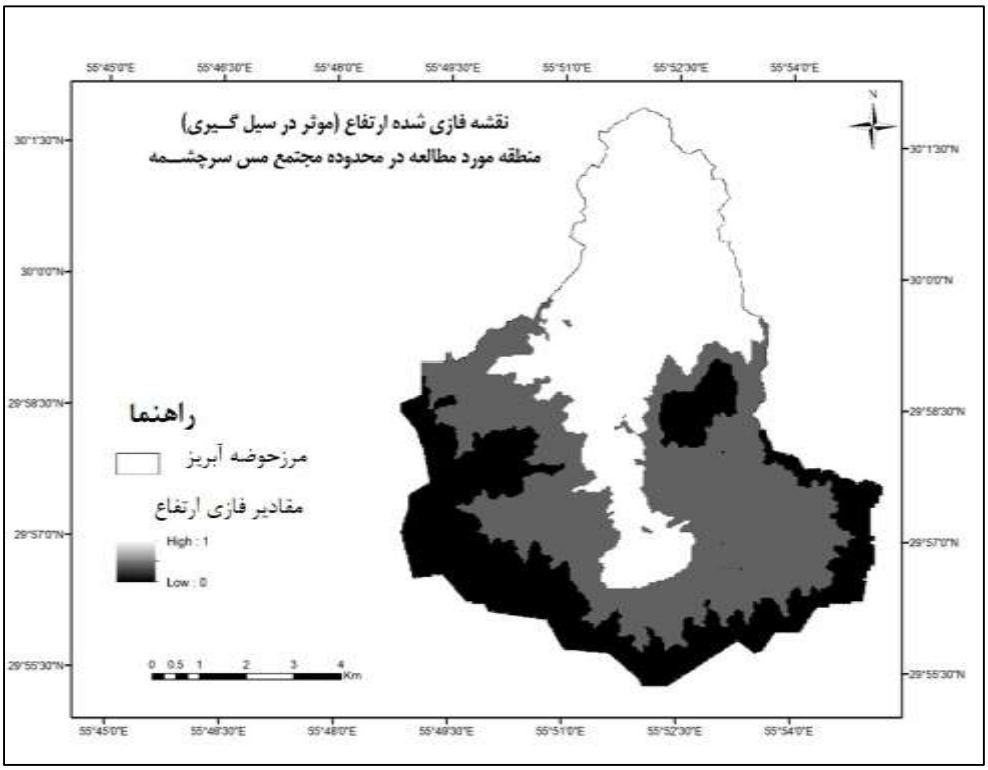
مأخذ: نگارندگان

شکل ۳. نقشه ارتفاع محدوده مورد مطالعه

جدول ۳. وزن معیارها و زیرمعیارهای ارتفاع

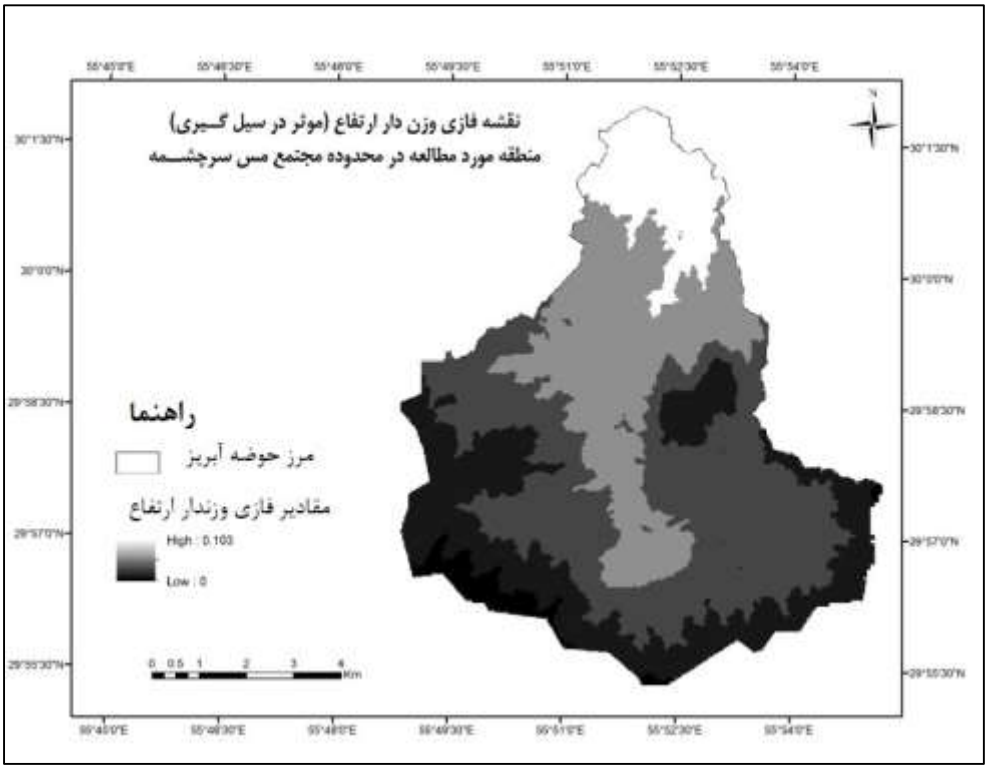
معیار	طبقات	وزن طبقات	وزن معیار
ارتفاع	۲۲۸۴-۲۴۷۴	۰/۴۱۹	۰/۱۰۳
	۲۴۷۴-۲۶۶۵	۰/۲۶۳	
	۲۶۶۵-۲۸۵۶	۰/۱۶۰	
	۲۸۵۶-۳۰۴۷	۰/۰۹۷	
	۳۰۴۷-۳۲۳۸	۰/۰۶۲	
ضریب ناسازگاری= ۰/۰۲			

مأخذ: نگارندگان



مأخذ: نگارندگان

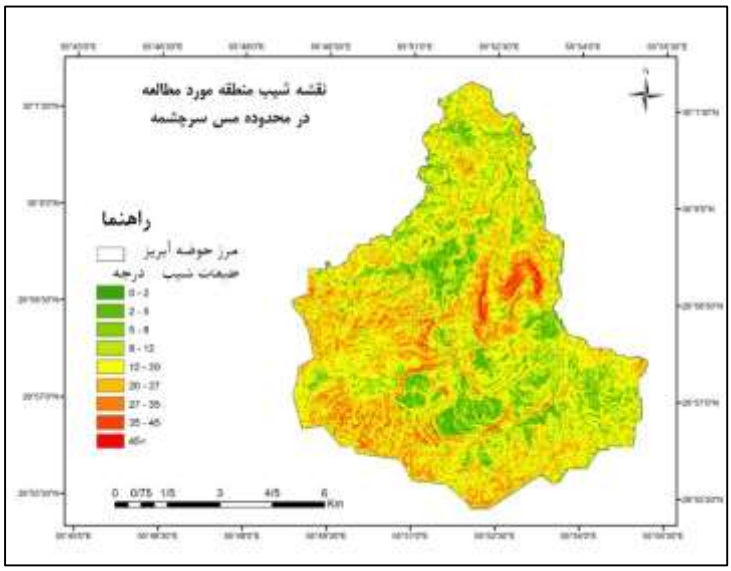
شکل ٤ الف. نقشه ارتفاع فازی شده محدوده مورد مطالعه



مأخذ: نگارندگان

شکل ٤ ب. نقشه ارتفاع فازی شده و وزن دار محدوده مورد مطالعه

– **شیب:** بر اساس مطالعات هرچه شیب حوضه بیشتر باشد، حوضه دارای قدرت نگهداشت سطحی کمتری است و بارش و رواناب حاصل از آن در مدت زمان کم و با سرعت بیشتری به سمت پایین دست حوضه جریان می‌یابد. بنابراین با افزایش شیب خطر سیل گیری کاهش می‌یابد. تصویر DEM مربوط به ماهواره ALOS در محیط GIS، با استفاده از دستور Extract by mask از تصویر کلی جدا گردید و لایه شیب با استفاده از دستور Slope تهیه و براساس مطالعات پیشین به ۹ طبقه تقسیم بندی شده (شکل۵) و با استفاده از نظر کارشناسان و مدلAHP وزن هر کدام از طبقات محاسبه گردیده است. جدول ۴ کلاس های لایه شیب و وزن بدست آمده در مدل AHP و شکل ۶ و ۷ لایه فازی شده و وزن دار شیب را نشان می‌دهد.



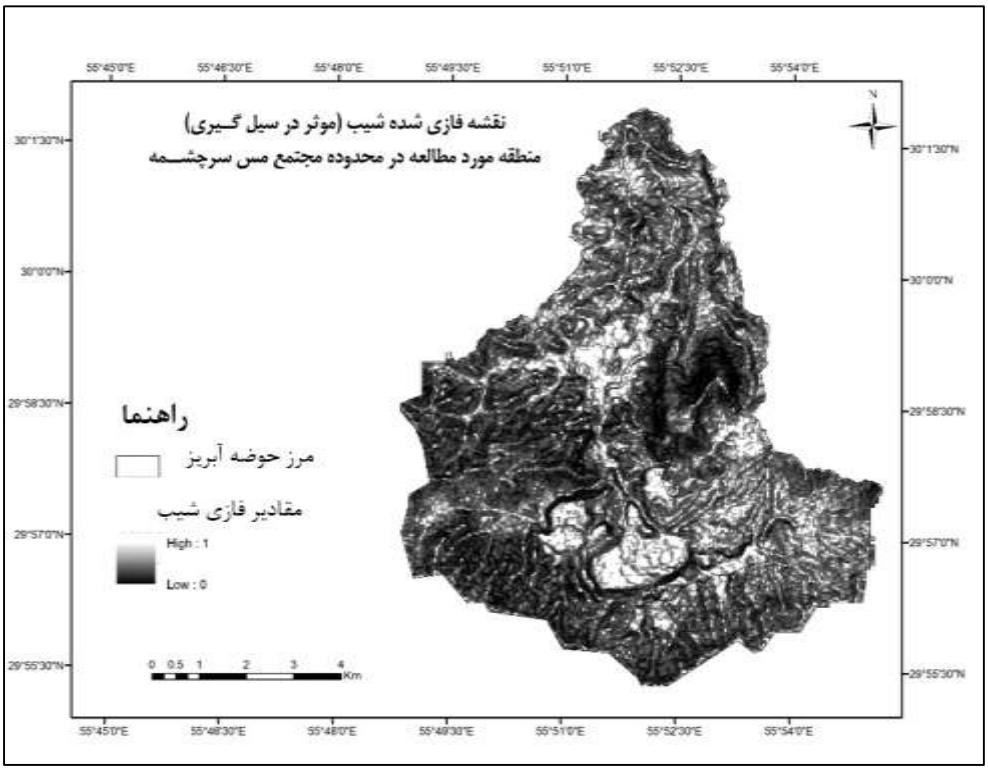
مأخذ: نگارندگان

شکل ۵. نقشه شیب محدوده منطقه مورد مطالعه

جدول ٤. امتیاز طبقات لایه شیب

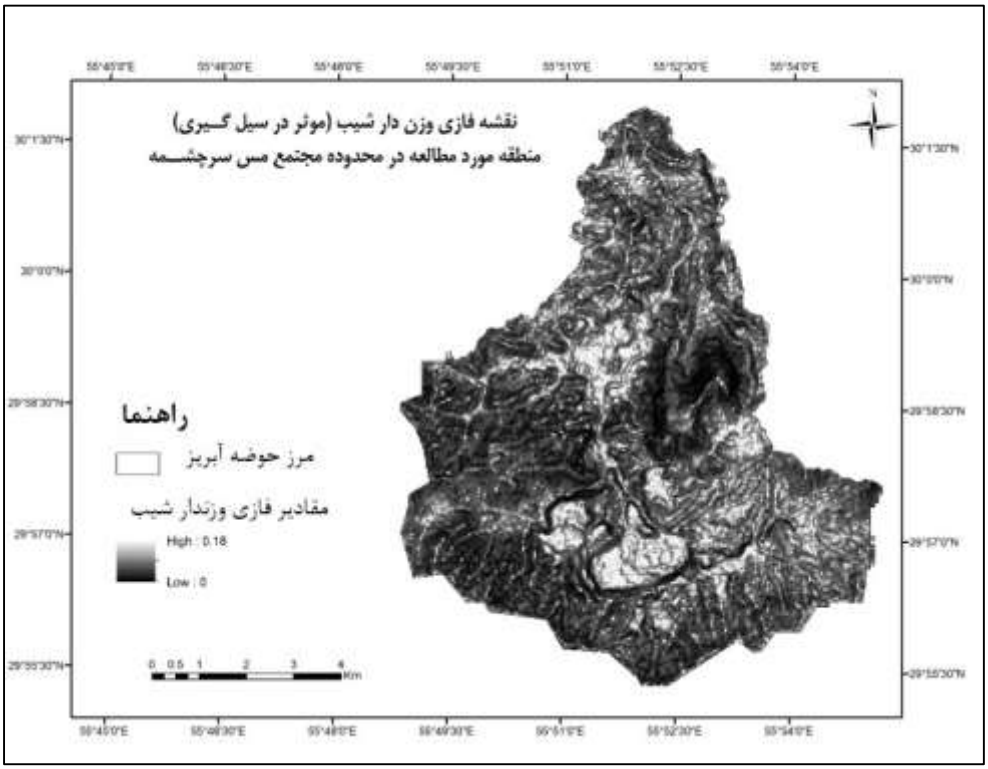
معیار	طبقات	وزن طبقات	وزن معیار
شیب	۲-۰	۰/۳۰۴	۰/۱۸۰
	۵-۲	۰/۲۲۳	
	۸-۵	۰/۱۵۸	
	۱۲-۸	۰/۱۱۴	
	۲۰-۱۲	۰/۰۸۱	
	۲۷-۲۰	۰/۰۵۲	
	۳۵-۲۷	۰/۰۳۲	
	۴۵-۳۵	۰/۰۲۱	
	>۴۵	۰/۰۱۵	
ضریب ناسازگاری= ۰۵/			

مأخذ: نگارندگان۰



مأخذ: نگارندگان

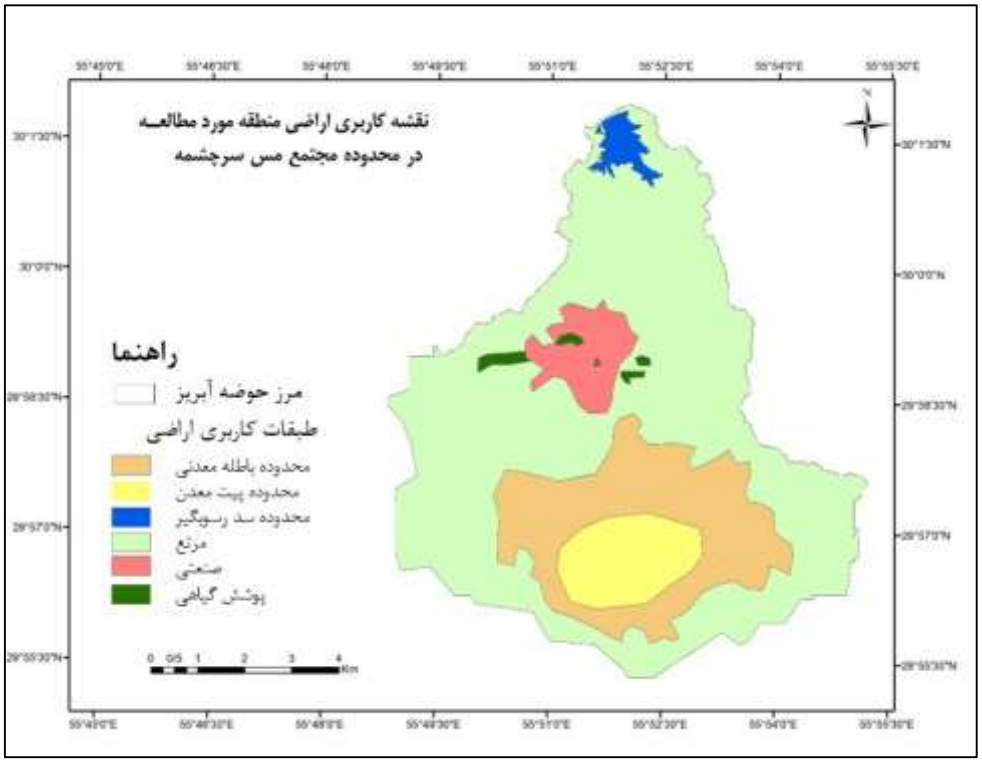
شکل ٦. لایه شیب فازی شده محدوده مورد مطالعه



مأخذ: نگارندگان

شکل ۷. لایه شیب فازی شده و وزن دار موثر درسیل‌گیری

- **کاربری اراضی:** اراضی یک حوضه ممکن است جهت کاربری‌های مختلف مثل مرتع، منطقه صنعتی، کشاورزی و نیز زمین‌های لخت و بایر مورد استفاده قرار گیرد که هر یک از این کاربری ها می‌توانند بر قدرت و سرعت جریان تاثیر گذار باشند. برای مثال ساخت جاده‌ها، به دلیل ایجاد مناطق غیر قابل نفوذ و شیب‌دار، بر قدرت سیل‌گیری منطقه تاثیر مثبت خواهد گذاشت. برای تهیه این لایه از تصویر سینتینل ۲ (Sentinel 2) استفاده شد. تصویر منطقه از سایت USGS دانلود گردیده و سپس درمحیط نرم افزار Snap و با استفاده از پردازشگر Sen2Core تصحیح اتمسفری انجام شد. تصاویر ماهواره سینتنیل ۲ به صورت زمین مرجع شده در اختیار کاربران قرارگرفته و احتیاج به تصحیح هندسی ندارند. سپس در محیط GIS منطقه مورد نظر از تصویر کلی جدا گردیده و با استفاده از روش طبقه بندی حداکثر احتمال[1]لایه کاربری اراضی تهیه گردید. ازآنجاییکه منطقه به شدت دست خورده و بهم ریخته است این نقشه با بازدید میدانی و تفسیر بصری اصلاح گردید. کاربری منطقه مورد مطالعه شامل منطقه صنعتی، معدن، دامپ، پوشش گیاهی، آب و مرتع می‌باشد که به هرکدام از کاربری ها بر اساس موقعیت و تاثیرشان در سیل گیری امتیازی داده می‌شود (شکل ۸). جدول ۵ کلاس های لایه کاربری اراضی و وزن بدست آمده در مدل AHP و شکل ۹ و ۱۰ لایه فازی شده و وزن دار آن را نشان می‌دهد.



مأخذ: نگارندگان

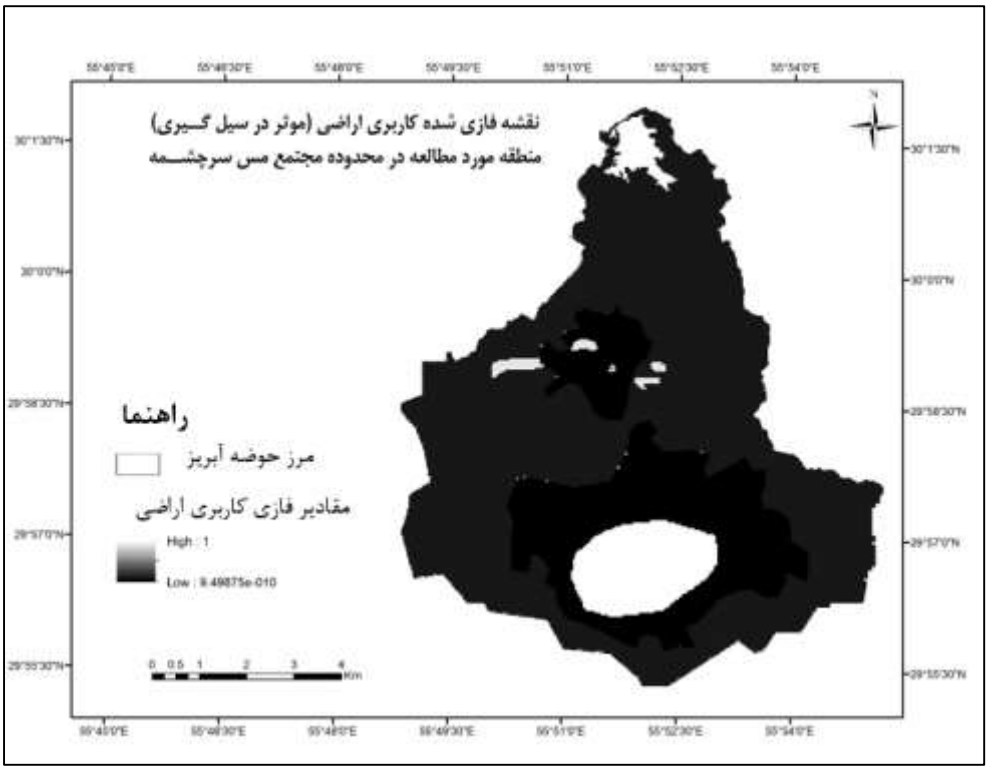
شکل ۸. نقشه کاربری اراضی تصحیح شده محدوده منطقه مورد مطالعه

[1] Maximum Likelihood

جدول ۵. امتیاز طبقات لایه کاربری اراضی

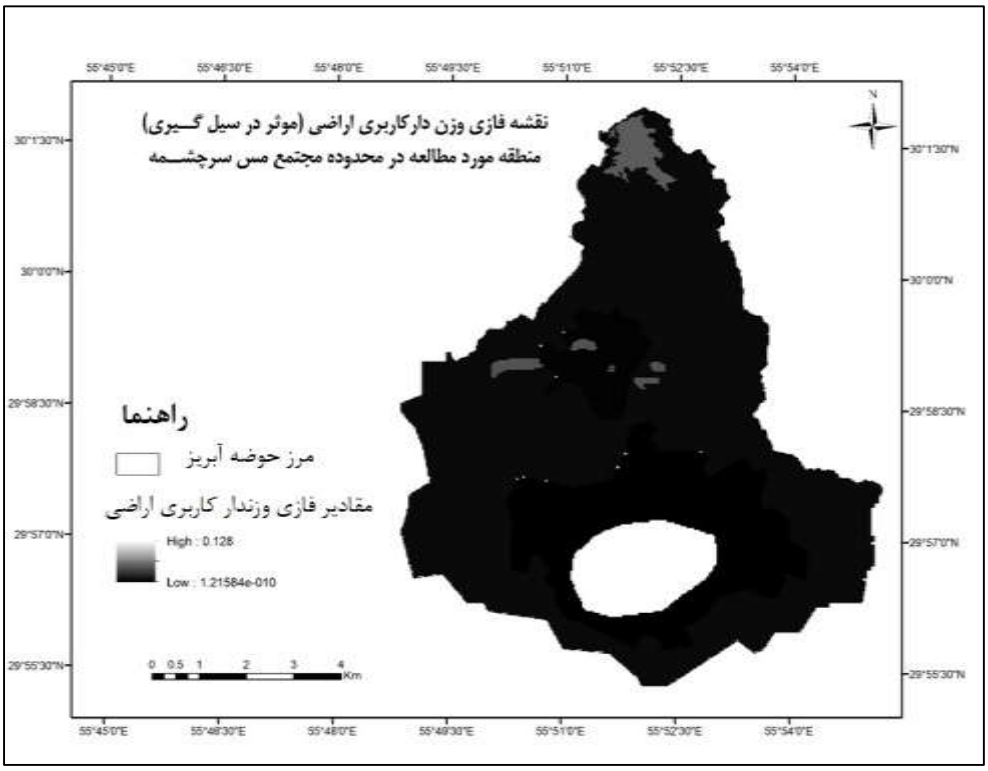
معیار	طبقات	وزن طبقات	وزن معیار
کاربری اراضی	پوشش گیاهی	۰/۱۵۷	۰/۱۲۸
	مرتع	۰/۰۵۵	
	آب	۰/۱۶۸	
	منطقه صنعتی	۰/۰۴۳	
	دامپ	۰/۰۳۷	
	معدن	۰/۵۳۹	
ضریب ناسازگاری= ۰/۰۷			

مأخذ: نگارندگان



مأخذ: نگارندگان

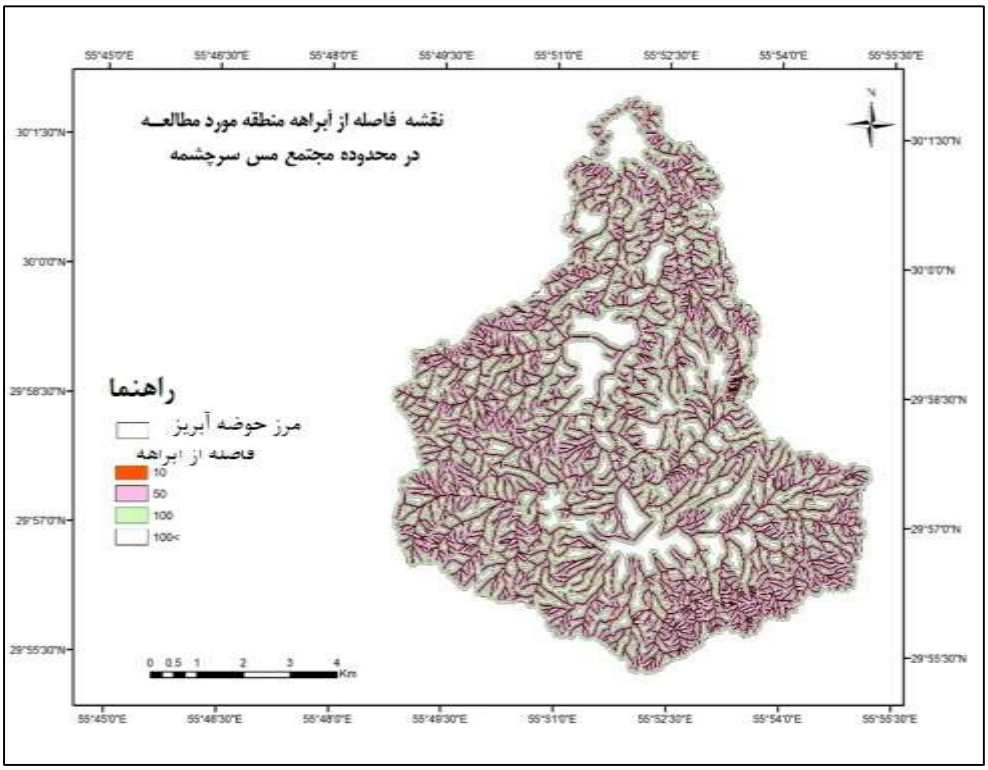
شکل ۹. لایه کاربری اراضی فازی شده منطقه مورد مطالعه



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۰. لایه کاربری اراضی فازی شده و وزن دار موثر درسیل‌گیری

– **فاصله از رودخانه:** هر چه فاصله به رودخانه نزدیک تر باشد خطر قرارگرفتن در معرض سیلاب بیشتر می‌شود و با فاصله گرفتن از آبراهه خطر ایجاد سیلاب کاهش می‌یابد. نزدیکی به آبراهه ها موجب افزایش خطر سیل‌گیری می‌گردد. ابتدا در محیط GIS و با استفاده از افزونه Arc Hydro لایه آبراهه تهیه شد. در مرحله بعدی برای تصحیح آن از مطالعات هیدرولوژی انجام شده توسط طوس آب در منطقه در سال ۱۳۸۲ و۱۳۸۹، بازدید میدانی و همچنین از نرم افزار Google Earth استفاده گردیده و بررسی، مقایسه و تا حد امکان به صورت دستی تصحیح شد. بعد از تهیه نقشه آبراهه‌ها با کمک عملگر Buffer لایه فاصله از رودخانه تهیه شد (شکل ۱۱). جدول ۶ کلاس های لایه فاصله از رودخانه و وزن بدست آمده در مدل AHP و شکل ۱۲ لایه فازی شده و شکل ۱۳ لایه وزن دار فاصله از رودخانه را نشان می‌دهد.



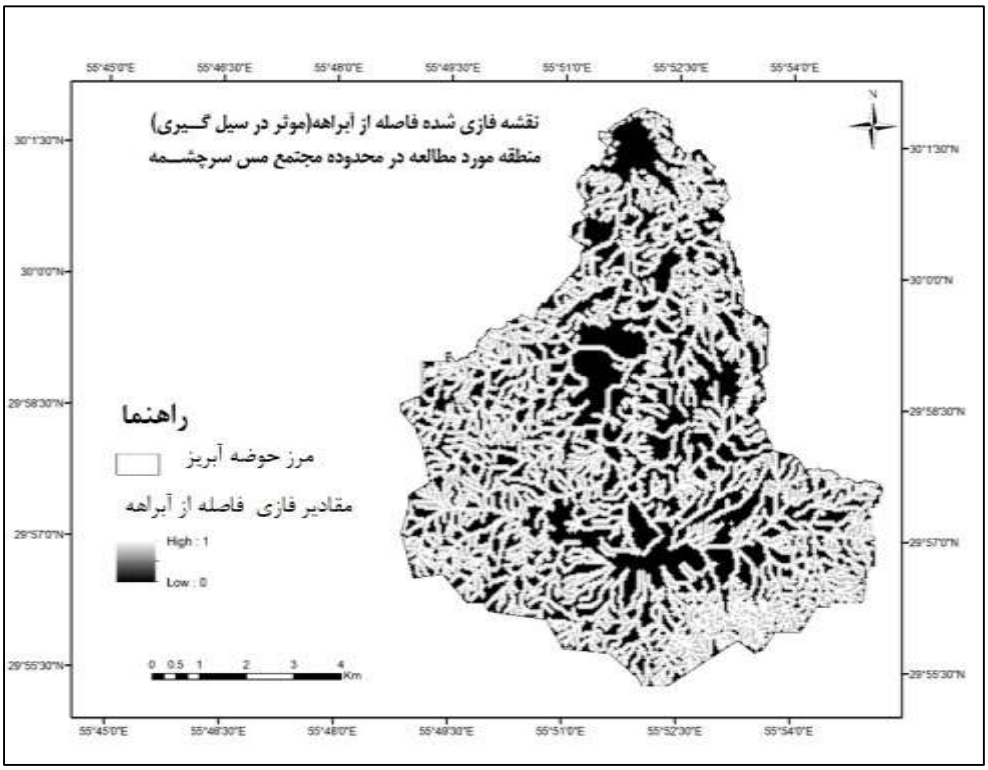
مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۱. نقشه فاصله از آبراهه محدوده منطقه مورد مطالعه

جدول ۵. امتیاز طبقات لایه فاصله از رودخانه

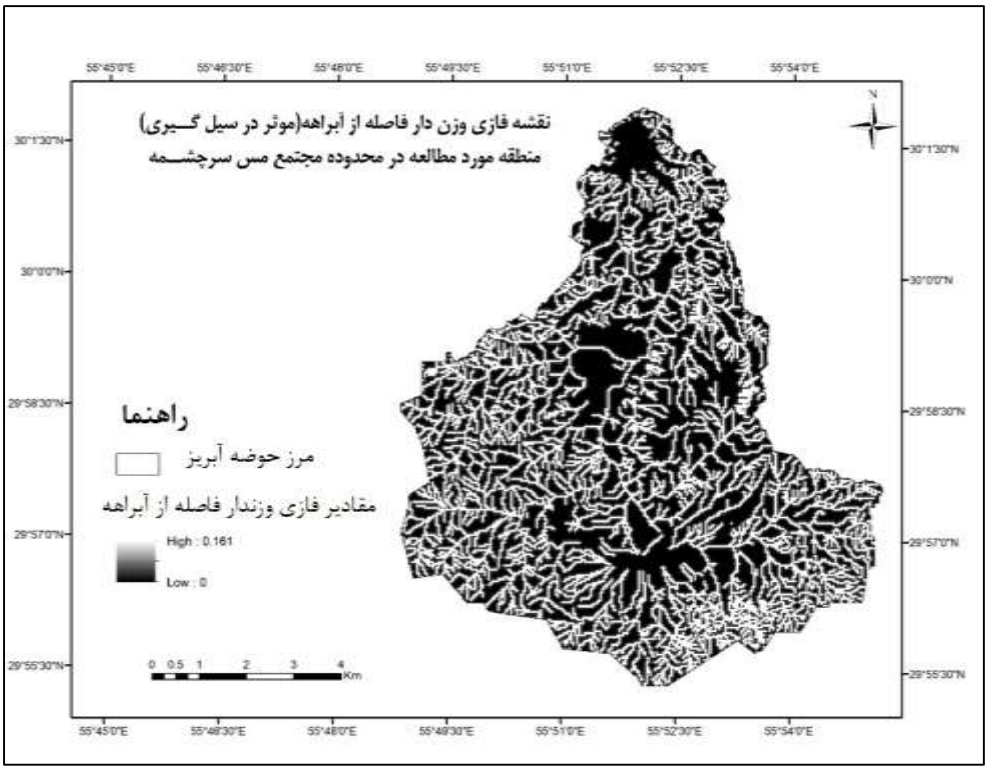
معیار	طبقات	وزن طبقات	وزن معیار
فاصله از رودخانه	<۱۰	۰/۵۳۸	۰/۱۶۱
	۵۰-۱۰	۰/۲۲۰	
	۱۰۰-۵۰	۰/۱۲۱	
	>۱۰۰	۰/۱۲۱	
ضریب ناسازگاری= ۰۱/			

مأخذ: نگارندگان♦



مأخذ: نگارندگان

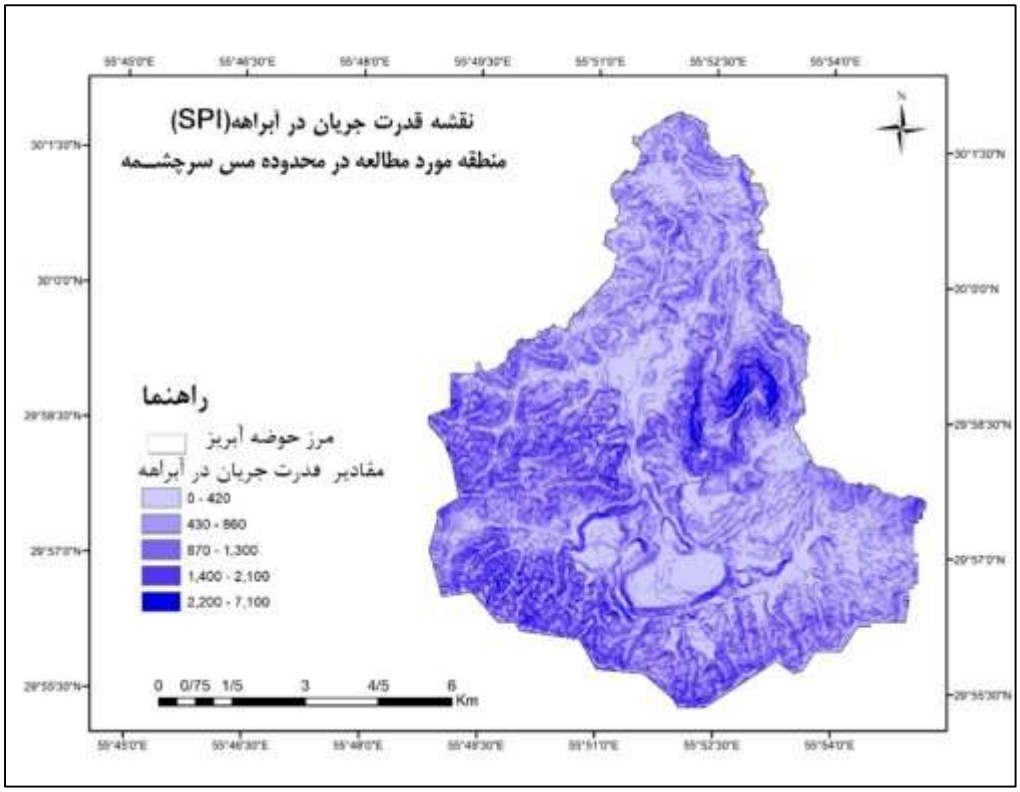
شکل ۱۲. لایه فاصله از آبراهه فازی شده



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۳. لایه فاصله از آبراهه فازی شده و وزن دار

SPI[۲] (شاخص قدرت جریان): شاخص قدرت جریان، نشان دهنده میزان قدرت فرسایندگی جریان آب است. هر چه قدرت شدت جریان آب بیشتر باشد سریعتر از حوضه خارج می‌شود. بنابراین قدرت آبراهه با سیل‌گیری رابطه معکوس دارد و با افزایش قدرت جریان وقوع سیل‌گیری کاهش می‌یابد. این لایه در نرم افزار SAGAGIS و با استفاده از DEM منطقه تهیه و به ۵ طبقه با روش شکست طبیعی، طبقه‌بندی و سپس فازی و وزن دار شده است (شکل ۱۴، ۱۵ و ۱۶). جدول ۶ کلاس‌های لایه SPI و وزن بدست آمده در مدل AHP را نشان می‌دهد.



مأخذ: نگارندگان

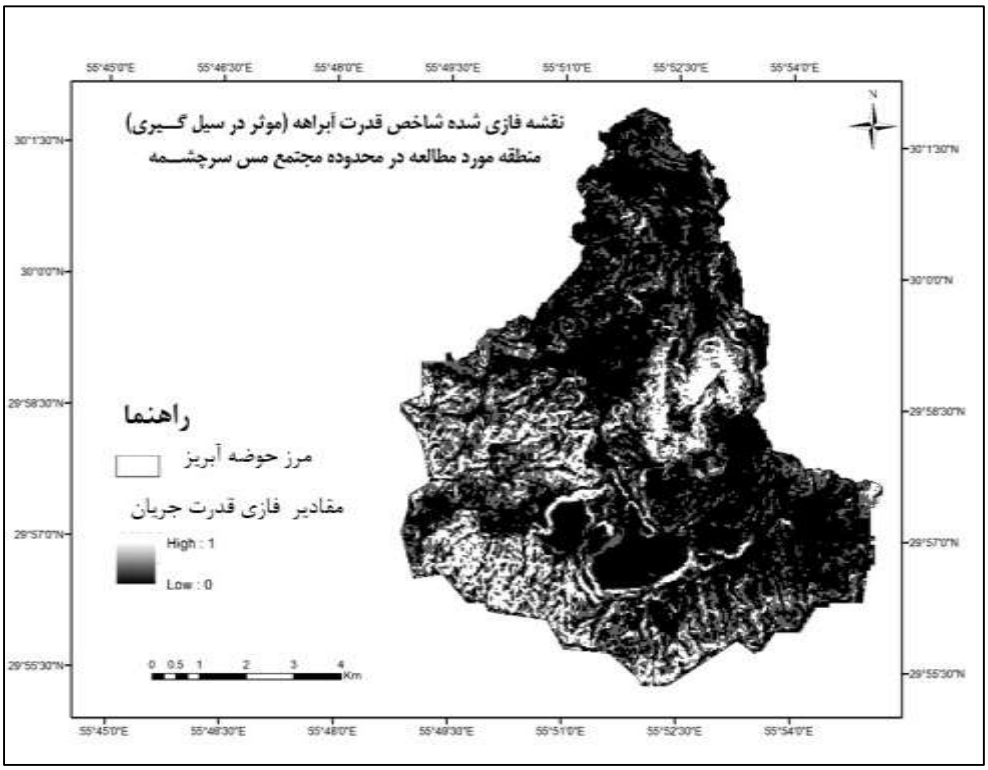
شکل ۱۴. نقشه شاخص قدرت جریان محدوده منطقه مورد مطالعه

جدول ٦. امتیاز طبقات لایه شاخص قدرت جریان

معیار	طبقات	وزن طبقات	وزن معیار
SPI	۰–۴۲۰	۰/۰۶۲	۰/۰۸۱
	۴۳۰–۸۶۰	۰/۰۹۷	
	۸۷۰–۱۳۰۰	۰/۱۶۰	
	۱۴۰۰–۲۱۰۰	۰/۲۶۳	
	۲۲۰۰–۷۱۰۰	۰/۴۱۹	
ضریب ناسازگاری= ۰/۰۲			

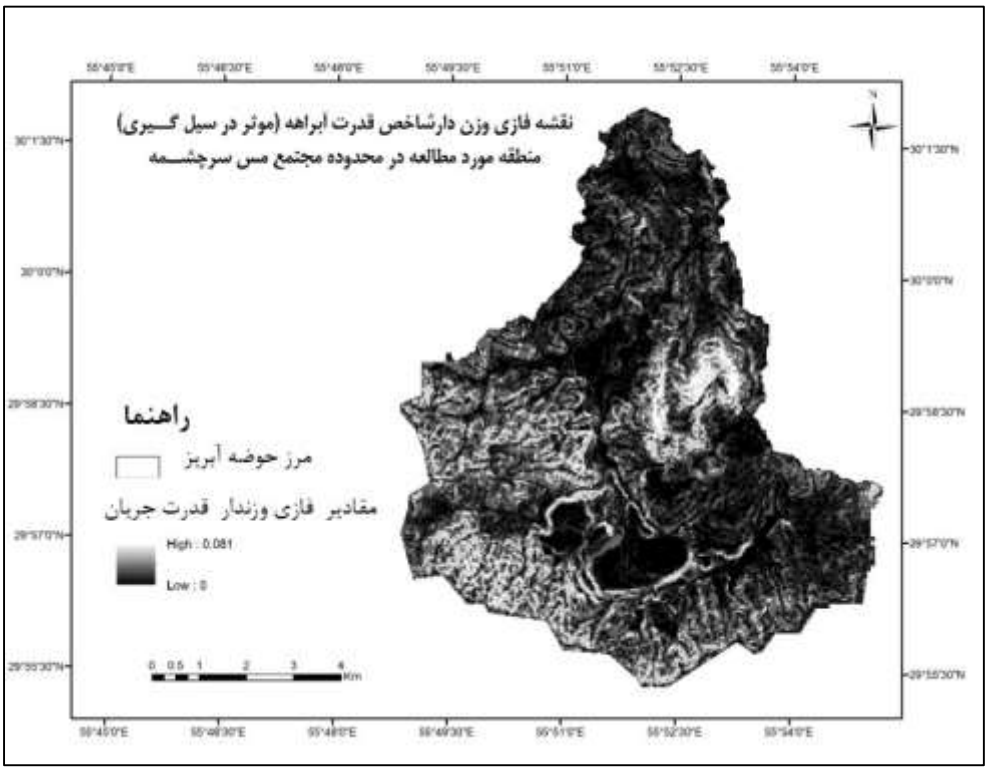
مأخذ: نگارندگان

[2] Stream Power Index



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۵. لایه شاخص قدرت آبراهه فازی شده



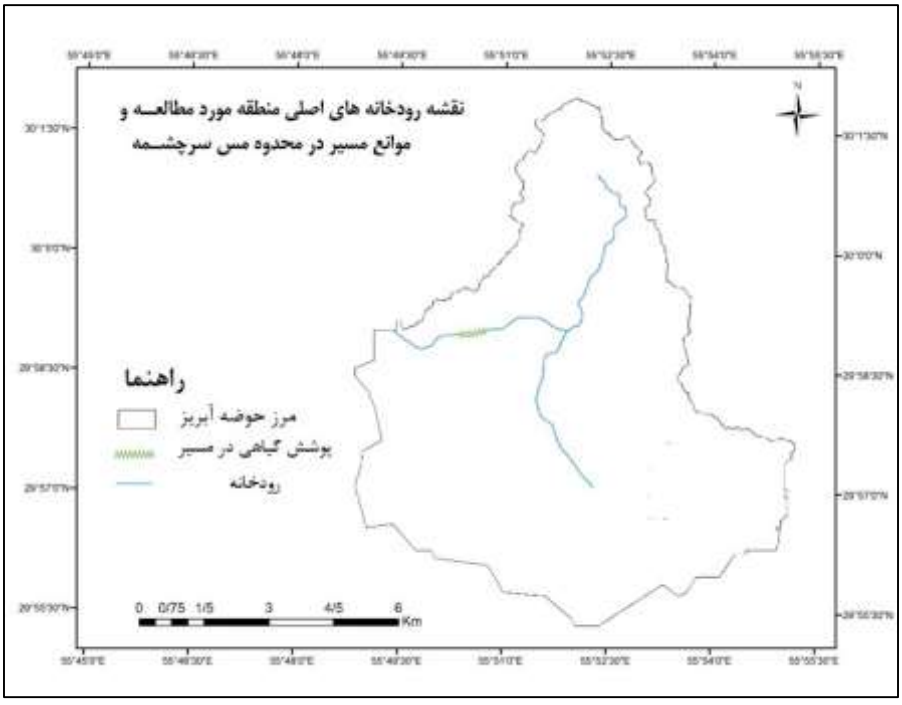
مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۶. لایه شاخص قدرت آبراهه فازی شده و وزن دار

– وجود موانع در بستر رودخانه (وجود پوشش گیاهی یا سازه یا نخاله معدنی): وجود هرگونه مانع در مسیر رودخانه مانند پوشش گیاهی یا دامپ های باطله، سازه و ... باعث انسداد مسیر آب و در نتیجه افزایش خطر سیل‌گیری می‌گردد. در این پروژه فقط مسیر رودخانه اصلی یعنی ترشاب و شور در نظر گرفته شده است. با بازدیدهای میدانی به عمل آمده مشخص شد مانع خاصی در مسیر رودخانه وجود ندارد فقط در قسمتی از مسیر رودخانه ترشاب پوشش گیاهی وجود دارد (شکل ۱۷ و ۱۸) که نقشه آن در محیط GIS تهیه شد جدول ۷ کلاس های این لایه و وزن بدست آمده در مدل AHP و شکل ۱۹ و ۲۰ لایه فازی شده و وزن دار آن را نشان می‌دهد.

مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۷. تصویری از پوشش گیاهی در مسیر رودخانه ترشاب



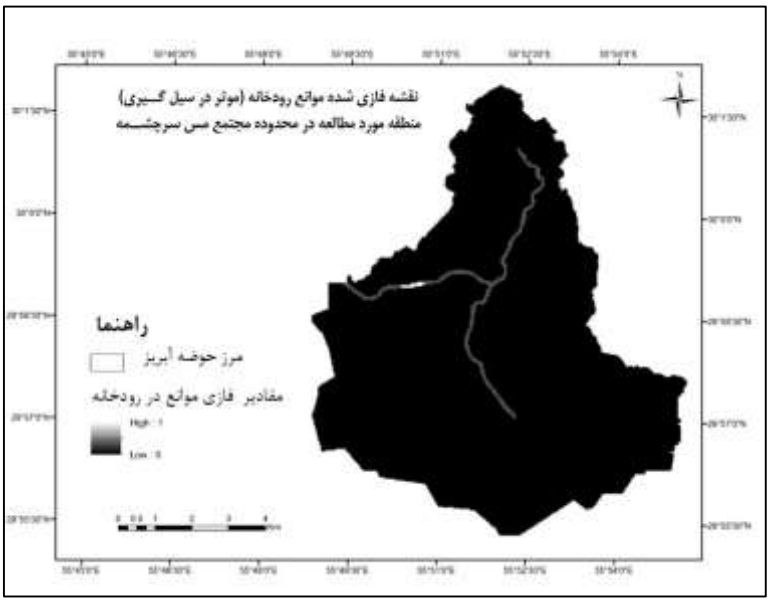
مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۸. محل پوشش گیاهی در مسیر رودخانه ترشاب در نقشه

جدول ۷. امتیاز طبقات لایه موانع مسیر رودخانه

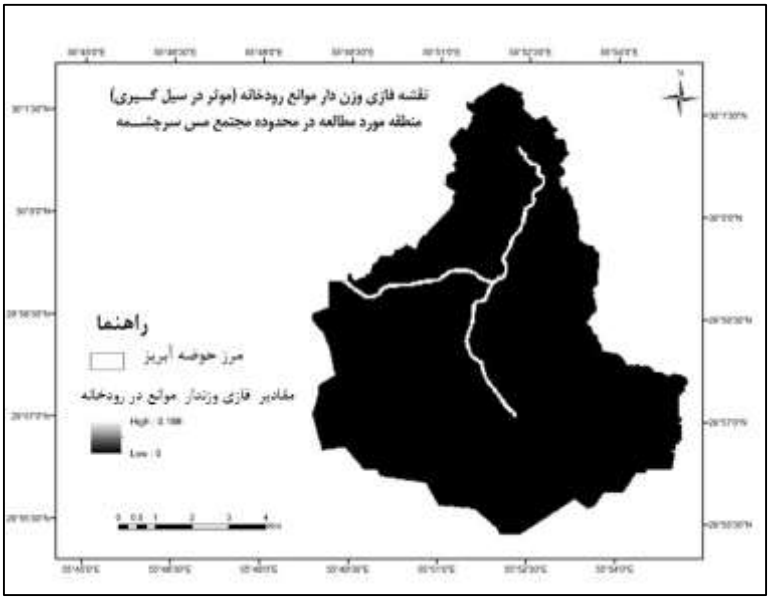
معیار	طبقات	وزن طبقات	وزن معیار
موانع در بستر رودخانه	رودخانه اصلی	۰/۱۶۷	۰/۱۸۶
	پوشش گیاهی	۰/۸۳۳	
ضریب ناسازگاری= ۰/۰۱			

مأخذ: نگارندگان



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۹. لایه موانع مسیر روخانه فازی شده



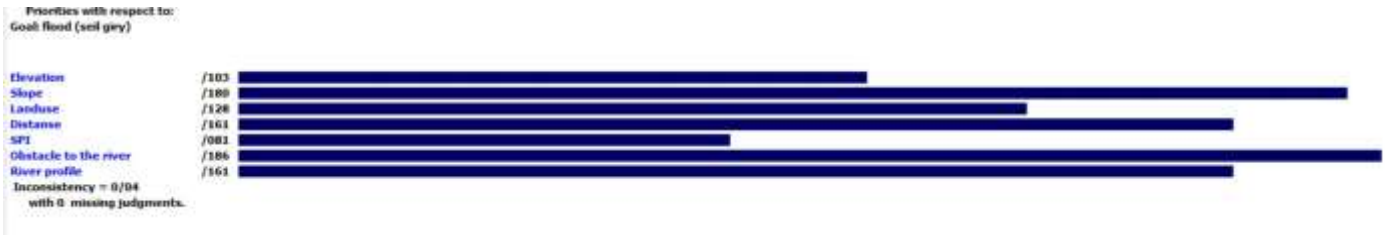
مأخذ: نگارندگان

شکل ۲۰. لایه موانع مسیر روخانه فازی شده و وزن دار

پروفایل بستر رودخانه (عرض بستر و ارتفاع دیواره‌ها): پروفایل بستر رودخانه نیز بر روی سیل‌گیری حوضه تاثیر دارد به عنوان مثال اگر در قسمتی از مسیر رودخانه، بستر رودخانه عریض نبوده و ارتفاع دیواره ها نیز کم باشد خطر سیل‌گیری افزایش خواهد یافت. (در این پروژه فقط مسیر رودخانه اصلی یعنی ترشاب و شور در نظر گرفته شده است). به دلیل نبود اطلاعات برای این پارامتر فقط در وزندهی لحاظ گردید.

وزندهی معیارهای اصلی

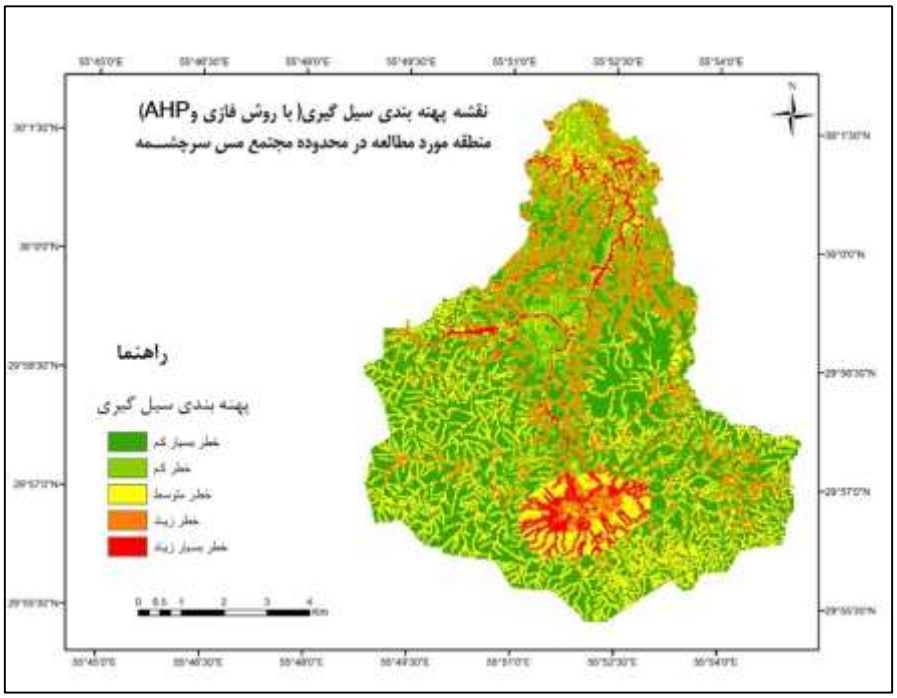
وزندهی معیارها بر اساس نظرات کارشناسی و مقایسه زوجی از طریق پرسشنامه انجام گردید و سپس داده ها وارد نرم افزار Expert Choice شد که شکل ۲۱ خروجی و وزن معیارها را نشان می دهد. با توجه به ضریب ناسازگاری ۰/۰۴ این ارزش گذاری قابل قبول می باشد.



شکل ۲۱. وزن معیارهای موثر در سیل گیری در مدل AHP با استفاده از نرم افزار Expert Choice

تلفیق لایه های اطلاعاتی

بعد از استاندارد سازی لایه ها در مرحله قبل برای تهیه نقشه پهنه های سیل گیر لایه های وزن دار با استفاده از عملگرهای فازی تلفیق شدند. برای تلفیق از عملگرهای فازی گامای (۰/۹ و ۰/۷ و ۰/۵) و Sum و Product استفاده شد. عملگر Gamma و Product قابل قبول نبوده و تلفیق با عملگر Sum نتایج قابل قبولی ارائه نمود. نقشه پهنه بندی خطر سیل گیری براساس مطالعات پیشین، بر اساس روش شکست طبیعی به ۵ طبقه خطر بسیارکم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم شد (شکل ۲۲).



مأخذ: نگارندگان

شکل ۲۲. نقشه پهنه بندی خطر سیل گیری منطقه مورد مطالعه در محدوده مس سرچشمه

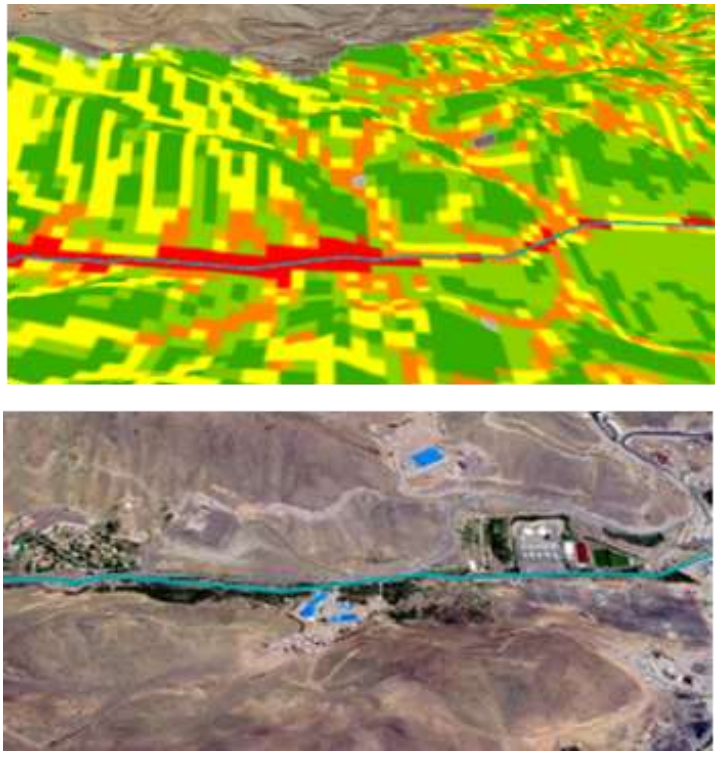
بحث و یافته‌ها

با تلفیق معیارها و زیرمعیارها و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و روش فازی نقشه پهنه بندی سیل‌گیری در منطقه مطالعاتی تهیه شد. نقاط پرخطر بررسی شده و با توجه به اهمیت منطقه با نقشه زیرساخت های مجتمع برای شناسایی نقاط پرخطر در منطقه صنعتی، هم‌پوشانی شدند و نهایتا راهکارهایی برای کاهش خطر پیشنهاد گردید.

در منطقه مورد مطالعه پارامتر موانع مسیر رودخانه بیشترین اهمیت را داشته و بالاترین وزن را به خود اختصاص داده و بعد ازآن معیار شیب بیشترین تاثیر را دارد و به ترتیب معیارهای فاصله از آبراهه، کاربری اراضی، ارتفاع و شاخص توان آبراهه در درجات بعدی اهمیت قرار دارند. معیار پروفایل رودخانه نیز از فاکتورهای موثر در سیل‌گیری است ولی به دلیل نبود نقشه و اطلاعات این معیار، فقط در وزن دهی معیارها از آن استفاده شده است.

با توجه به نقشه پهنه‌بندی سیل‌گیری (شکل ۲۲) در مسیر رود شور و ترشاب خطر سیل‌گیری بالاست که به علت نزدیکی به آبراهه می باشد و همچنین معدن به علت اختلاف ارتفاع (ارتفاع پایین) و شیب بالا و شاخص قدرت آبراهه بالا، خطر سیل‌گیری بالایی نشان می دهد که این مهم قابل پیش بینی بوده و منطقی است. سایر نقاط محدوده مورد مطالعه بدلیل نزدیکی به آبراهه‌ها نشان دهنده خطر متوسط می‌باشند. در محدوده صنعتی در قسمتی از مسیر رود ترشاب که مانع پوشش گیاهی وجود دارد خطر سیل گیری بسیار زیاد است در این محدوده کارگاه و ساختمان های ارفع سازان وجود دارد (شکل ۲۳). زیر ساخت های این محدوده شامل خطوط انتقال آب، تلفن و خطوط انتقال گاز می‌باشد که در معرض خطر سیل گرفتگی می‌باشند (شکل ۲۴).

شکل ۲۳. ساختمان های در محدوده خطر سیل گیری

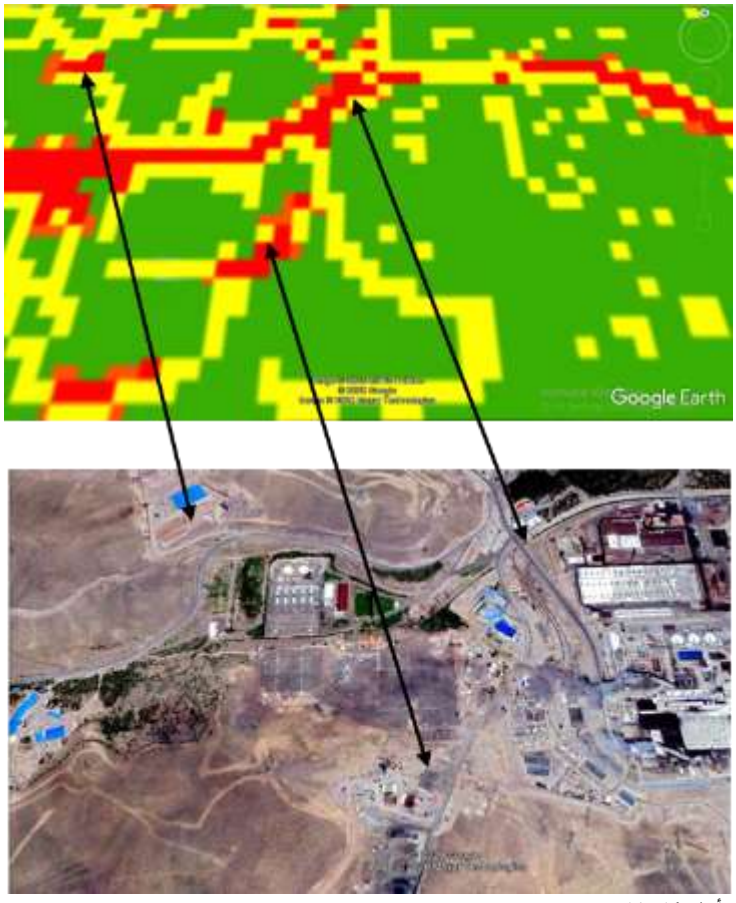


مأخذ: نگارندگان

شکل ۲٤. محدوده پرخطر سیل گیری در منطقه صنعتی و مسیر رود ترشاب

پایین دست همین منطقه در نزدیکی نیروگاه گازی نیز (مسیرآبراهه ها) منطقه پرخطر بوده و در بستر رودخانه ساخت و ساز انجام شده است که دارای خطر سیل‌گیری زیاد می‌باشد

همچنین چهارراه سربارکش و ساختمان های کانتین و مرکز توزیع برق نیز در معرض خطر سیل قرار دارند (شکل ۲۵). زیر ساخت های این ناحیه شامل خطوط برق در نزدیکی نیروگاه گازی، خطوط انتقال گاز و آب در محل ساختمان کانتین می‌باشند. محل کارخانه جدید اسید در غرب ساختمان ذوب، انبار و سالن غذاخوری و نیروگاه گازی نیز در معرض خطر قرار دارند. زیرساخت‌های این مناطق شامل خطوط برق و آب می باشند.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۲۵. محدوده پرخطر سیل گیری در منطقه صنعتی (کانتین غذاخوری، مرکز توزیع برق، انبار)

در فاصله بین معدن و ساختمانها در مسیر کانال و رود نیز منطقه پرخطر می‌باشد که محل عبور خطوط انتقال گاز، اسید و تلفن می‌باشد با توجه به اینکه کانال به اندازه کافی عریض بوده و زهکشی آب به خوبی انجام می‌گیرد به نظر می‌رسد مشکلی ایجاد نمی‌شود، با این حال در بارندگی‌های شدید باید مدنظر قرار بگیرد. بیشترین محدوده سیل‌گیری مربوط به ناحیه پیت معدن، قسمت‌هایی از کارخانه و نقاطی که در بستر رودخانه ساخت و ساز صورت گرفته است، می‌باشد و سایر بخش های منطقه از نظر سیل‌گیری امن می‌باشند. مساحت پهنه های سیل‌گیری در جدول ۸ آمده است با توجه به جدول، پهنه های سیل‌گیر پرخطر حدود ۱۴ درصد منطقه و مساحتی حدود ۹,۴ کیلومتر مربع را دربرمی‌گیرند که سیاست های کاهش خطر سیل در این مناطق باید مورد توجه جدی قرار گیرد.

جدول ۸. مساحت پهنه های پتانسیل خطر سیل گیری

پهنه های سیل‌خیزی	مساحت (Km^2)	درصد کل
خطر بسیارکم	23.4	34.4
خطر کم	15.6	23
خطر متوسط	19.5	28.7
خطر زیاد	7.5	11.1
خطر بسیار زیاد	1.9	2.8

مأخذ: نگارندگان

در خصوص صحت صنجی نقشه سیل گیری از داده های سیلاب‌های اتفاق افتاده در سالیان گذشته در منطقه مطالعاتی استفاده شد. در این خصوص می¬توان به سیلاب مرداد ماه ۱۴۰۱ اشاره نمود که باعث خسارات زیادی در مجتمع علی الخصوص کارگاه ارفع سازان گردید همپوشانی این لایه اطلاعاتی بر روی نقشه سیل گیری حاکی از انطباق بسیار خوب با محدوده های سیل گیر می باشد.

روش‌های مختلفی برای کنترل سیلاب وجود دارد که کاربرد هر کدام از آنها به عوامل مختلفی بستگی دارد. به طور کلی می‌توان راهکارهای زیر را برای مقابله با سیلاب در نقاط پرخطر منطقه پیشنهاد کرد:

– معدن یکی از نقاط حساس است که در معرض خطر سیل قرار دارد. در صورتیکه معدن دچار سیل گرفتگی شود، علاوه بر اینکه به ماشین آلات معدنی خسارت وارد خواهد شد، مواد معدنی در تماس با آب کیفیت خود را از دست خواهند داد. این اتفاق در سال‌های قبل رخ داده است که خوشبختانه به دلیل شرایط توپوگرافی معدن، خسارات وارده قابل جبران بوده است. هر چه از عمر معدنکاری می‌گذرد، عمق معدن افزایش می‌یابد، بطوریکه اختلاف ارتفاع کف رودخانه شور (محل دفع سیلابهای ورودی به پیت معدن) و کف معدن افزایش می‌یابد. این موضوع علاوه بر ایجاد موانع فنی، هزینه و زمان مورد نیاز جهت تخلیه سیلاب‌های ورودی به معدن را افزایش می‌دهد. با توجه به شرایط توپوگرافی منطقه، به نظر می‌رسد بهترین راه جهت مدیریت سیلاب، احداث یک کانال در اطراف معدن باشد بطوریکه کانال احداث شده توانایی انتقال سیلابهای این منطقه را به پایین دست داشته باشد. همچنین، با توجه به وسعت پیت معدن که در حال گسترش نیز هست، بارش باران که بطور مستقیم بر سطح معدن می‌بارد می‌تواند ایجاد مشکل کند که بایستی این موضوع در محاسبات مربوط به مدیریت آبهای سطحی محدوده معدن در نظر گرفته شود.

– پست توزیع برق، کارخانه اسید و همچنین نیروگاه گازی از مهمترین قسمتهای منطقه صنعتی هستند. زیر ساخت های این منطقه خطوط انتقال برق در نیروگاه گازی و خطوط انتقال آب و گاز در محل کارخانه جدید اسید هستند. با توجه به اینکه این دو نقطه نقش کلیدی در خط تولید دارند هرگونه آسیب به این سازه ها باعث اختلال درخط تولیدی کارخانه شده و مشکلات جدی را بوجود خواهد آورد. عمده خطر این منطقه مربوط به جاری شدن سیل در آبراهه‌های بالادست این مناطق است. در حال حاضر، آبراهه‌ی طبیعی تخریب شده و امکان زهکشی طبیعی سیلاب وجود ندارد. بنابراین، با توجه

به اهمیت مناطق ذکر شده، پیشنهاد می‌شود با مطالعه بیشتر، حداکثر دبی سیلابی این آبراهه برآورد و بر اساس آن ادامه کانال طراحی و اجرا شود بطوری که کانال احداث شده توانایی انتقال سیلاب به داخل کانال ترشاب را داشته باشد.

– کارگاه ارفع سازان و سازه های آن در مسیر رودخانه بنا شده‌اند و با توجه به نقشه زیر ساخت های منطقه محل عبور خطوط انتقال گاز، آب و تلفن می‌باشد در صورت وقوع سیل و آبگرفتی در این مکان آسیب های جدی به این سازه ها و خطوط انتقال وارد خواهد شد که لازم است تمهیداتی اندیشیده شود.

در مجموع با شناخت زیرحوضه‌ها و همچنین مناطقی که از ریسک بالای سیل خیزی برخوردار هستند، می‌توان ساخت و ساز در این مناطق را محدود نمود. در صورتیکه ساخت و ساز در این مناطق غیر قابل اجتناب باشد، می‌توان با ارائه راهکارهای فنی، نسبت به کاهش خطرات سیلاب‌های احتمالی، اقدام لازم بعمل آورد، بطوریکه با اقدامات پیشگیرانه و کم هزینه مانند توسعه کانال‌های زهکش، احداث آب‌بند و یا گسترش پوشش گیاهی و مدیریت کاربری اراضی جلوی زیان و ضررهای احتمالی در مناطق پرخطر را گرفت.

– سیل یک خطر طبیعی است که هم به جمعیت انسانی و هم به محیط آسیب می‌رساند؛

– توجه به این نکته مهم است که پیشگیری از سیل امکان پذیر نیست، در حالی که ارزیابی و مدیریت سیلهای آینده می‌تواند انجام شود. پهنه‌بندی مناطق خطر درمبحث مکانیابی اهمیت زیادی دارد و با شناسایی مناطق پرخطر می‌توان از آسیب های وارده تا حد امکان در این مناطق جلوگیری کرد. روش های مختلفی برای تجزیه و تحلیل این بلای طبیعی توسعه و پیشنهاد شده است. روش مقایسات زوجی و مدل تحلیل سلسله مراتبی که در آن همه فاکتورها در یک مقیاس مشترک استاندارد شوند یکی از روشهای بسیارمناسب برای تهیه نقشه پهنه بندی سیلاب می‌باشد؛

– در مطالعه حاضر نیز پهنه بندی سیل‌خیزی و سیل‌گیری در محدوده مجتمع مس سرچشمه با استفاده از GIS و مدل فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی انجام شده و محدوده‌های خطر شناسایی شده نیز با واقعیت‌های منطقه همخوانی داشت. این موضوع نشان دهنده این است که روش مورد استفاده قابل اعتماد بوده و با صرف زمان و هزینه کم می‌توان مناطق سیل‌خیز را با دقت قابل قبولی مشخص کرد؛

– با شناخت زیرحوضه‌ها و همچنین مناطقی که از ریسک بالای سیل خیزی برخوردار هستند، می‌توان ساخت و ساز در این مناطق را محدود نمود. در صورتیکه ساخت و ساز در این مناطق غیر قابل اجتناب باشد، می‌توان با ارائه راهکارهای فنی، نسبت به کاهش خطرات سیلاب‌های احتمالی، اقدام لازم بعمل آورد، بطوریکه با اقدامات پیشگیرانه و کم هزینه مانند احداث آب بند و یا احداث کانال‌های زهکش و مدیریت کاربری اراضی جلوی زیان و ضررهای احتمالی در مناطق پرخطر را گرفت.

نتیجه گیری

سیل یک خطر طبیعی است که هم به جمعیت انسانی و هم به محیط آسیب می رساند. توجه به این نکته مهم است که پیشگیری از سیل امکان پذیر نیست، در حالی که ارزیابی و مدیریت سیلهای آینده می تواند انجام شود. پهنه بندی مناطق خطر در مبحث مکانیابی اهمیت زیادی دارد و با شناسایی مناطق پرخطر می توان از آسیب های وارده تا حد امکان در این مناطق جلوگیری کرد. روش های مختلفی برای تجزیه و تحلیل این بلای طبیعی توسعه و پیشنهاد شده است. روش مقایسات زوجی و مدل تحلیل سلسله مراتبی که در آن همه فاکتورها در یک مقیاس مشترک استاندارد شوند یکی از روشهای بسیارمناسب برای تهیه نقشه پهنه بندی سیلاب می باشد(W Gashaw el al. 2011)

در مطالعه حاضر نیز پهنه بندی سیل گیری در محدوده مجتمع مس سرچشمه با استفاده از GIS و مدل فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی انجام شده و محدوده های خطر شناسایی شده نیز با واقعیت های منطقه همخوانی داشت. این موضوع نشان دهنده این است که روش مورد استفاده قابل اعتماد بوده و با صرف زمان و هزینه کم می توان مناطق سیل گیر را با دقت قابل قبولی مشخص نمود

با شناخت زیرحوضه‌ها و همچنین مناطقی که از ریسک بالای سیل خیزی برخوردار هستند، می توان ساخت و ساز در این مناطق را محدود نمود. در صورتیکه ساخت و ساز در این مناطق غیر قابل اجتناب باشد، می وان با ارائه راهکارهای فنی، نسبت به کاهش خطرات سیلاب های احتمالی، اقدام لازم بعمل آورد، بطوریکه با اقدامات پیشگیرانه و کم هزینه مانند احداث آب بند و یا احداث کانال های زهکش و مدیریت کاربری اراضی جلوی زیان و ضررهای احتمالی در مناطق پرخطر را گرفت.

قدردانی

نگارندگان برخود لازم می دانند بدینوسیله از شرکت ملی صنایع مس ایران به خاطر در اختیارگذاشتن گزارشات هیدرولوژی انجام شده در منطقه و دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته تشکر نمایند.

منابع

۱- امیدوار، کمال، مخاطرات طبیعی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه یزد، (۱۳۹۰).

۲- انتظاری، علیرضا، اسدی، مهدی، توانسنجی نیروگاههای بادی در استان سیستان و بلوچستان با روش فازی-ای. اچ. پی، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۳۰، شماره ۳، پاییز.

۳- دوستی، ثریا، شهریار، علی، مظفری، غلامعلی، پهنه بندی مناطق آسیب پذیر از سیل در حوضه میمه (استان ایلام)، پایان نامه کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی-هیدرروژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی محیطی، دانشکده علوم انسانی دانشگاه یزد، اردیبهشت ۱۳۹۴.

۴- غلامی، محمد، احمدی، مهدی، ریزپهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر لامرد با استفاده از AHP، GIS و منطق فازی، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیستم، تابستان ۱۳۹۸، صص ۱۰۱-۱۱۴.
۵- قدسی پور، سیدحسین (۱۳۹۲): فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.
۶- قنواتی، عزت ا...، پهنه‌بندی خطر سیلاب شهر کرج با استفاده از منطق فازی، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره هشتم، زمستان ۱۳۹۲، صص۱۱۳-۱۳۱.
۷- کاظمی، سکینه، اعلمی، محمد تقی، پهنه بندی خطر سیلاب رودخانه خیاوچای با تلفیق رویکرد سلسه مراتبی فازی و GIS، شانزدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل ۱۵ -۱۶ شهریور ۱۳۹۶.
۸- کشتکار، امیررضا، فیضی، زهرا، افضلی، علی، پهنه‌بندی اراضی مستعد پخش سیلاب با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: محدوده جنوبی دشت کاشان)، نشریه علمی پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۱۰، شماره ۴، ۱۳۹۷، صص ۵۸۰-۵۹۲.
۹- لشکری پور غلامرضا، عقیلی سیده نجمه، حافظی مقدس ناصر، پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از GIS و AHP در حوضه آبخیز گلورد نکا، نخستین کنفرانس ملی نقش مهندسی عمران در کاهش مخاطرات، ۶ و ۷ دی ماه ۹۷.
۱۰- مختاری، لیلا، محمدنژاد، محمد، بهنیافر، ابولفضل، پهنه‌بندی مخاطره سیلاب در حوضه رودخانه کلات (زیرحوضه منتهی به شهر کلات) ، پژوهشهای ژئومورفولوژی کمّی، سال هشتم، شماره ۳، زمستان ۱۳۹۸ صص ۲۲۱-۲۰۳.

11- Broshke A, Sokoti R, Montaseri M, Gahremani A, Investigation Of Flood And Its Zoning Using Satellite Images 07th International River Engineering Conference, Chamran University Of Ahvaz, (2007), 8.
12- Douben, N., Characteristics Of River floods And flooding: A Global Overview, 1985–2003.Irrig Drain 55: S9–S21, Published Online In Wiley Interscienc, (2006).
13- Dr. Murphy P. Mohammed, Flood Hazard Zoning Of Tarlac City: "Towards The Development Of Flood Overlay Zones And Provision", 7th International Conference On Building Resilience; Using Scientific Knowledge To Inform Policy And Practice In Disaster Risk Reduction, (ICBR2017): 27 – 29 November 2017, Bangkok, Thailand.
14- W Gashaw And D, Legesse. Flood Hazard And Risk Assessment Using GIS And Remote Sensing In Fogera Woreda, Northwest Ethiopia, Chapter 9, Flood Hazard And Risk Assessment Using GIS, (2011).
15- Islam MK, Sado K. Flood Hazard Assessment In Bangladesh Using NOAA AVHRR Data With Geographical Information System. Hydro Proc, (2000). 14: 605-20.
16- W Gashaw And D, Legesse. Flood Hazard And Risk Assessment Using GIS And Remote Sensing In Fogera Woreda, Northwest Ethiopia, Chapter 9, Flood Hazard And Risk Assessment Using GIS, (2011).
17- Karki, S., A. Shrestha, M. Bhattarai, S. Thapa. GIS Based Flood Hazard Mapping And Vulnerability Assessment Of People Due To Climate Change: A Case Study From KANKAI Watershed, East Nepal.; (2011). Doi:10.13140/2.1.4444.4962
18- Khalil, R. Flood Risk Code Mapping Using Multi Criteria Assessment, Journal Of Geographic Information System, 10, 686-698, (2018).
19- Kamonchat Seejataa, Aphittha Yodyinga, Tubtim Wongthadama, Nattapon Mahavika, Sarintip Tantaneeb, Assessment Of Flood Hazard Areas Using Analytical Hierarchy Process Over The Lower Yom Basin, Sukhothai Province, Th International Conference On Building Resilience; Using Scientific Knowledge To Inform Policy And Practice In Disaster Risk Reduction, (ICBR2017): 27 – 29 November 2017, Bangkok, Thailand.
20- Meaden Geoffery J, Advance In Geographic Information Systems And Remote Sensing For Fisheries And Aquaculture, FAO Consultant Canterbury United Kingdom Of Great Britain And Northern Ireland, (2013).
21- Nur-Alishah Soleiman, Thuaibatul Aslamiah Mastor, Muhd Safarudin Chek Mat & Abd Manan Samad, "Flood Hazard Zoning And Risk Assessment For Bandar Segamat

Sustainability Using Analytical Hierarchy Process" (AHP), IEEE 11th International Colloquium On Signal Processing & Its Applications (CSPA2015): 6 -8 Mac. 2015, Kuala Lumpur, Malaysia.

22- Ozturk, D., Batuk, F., "Implementation Of GIS-Based Multicriteria Decision Analysis With VB In Arcgis", International Jurnal Of Information Tecnology & Decision Making, (2011): Vol. 10, No. 6, PP. 1023-1042.

23- Patric Dash & Jishnu Sar, "Dentification And Validation Of Potential Flood Hazard Areausing GIS-Based Multi-Criteria Analysis And Satellitedata-Derived Water Index", Flood Risk Management, (2020):13: E12620. Https://Doi.Org/10.1111/Jfr3.12620.