مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره نوزدهم، بهار ۱۳۹۸
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۲۰
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۳/۱۲
صفحات: ۵۰ - ۳۵

مطالعه حساسیت به وقوع سیل درحوضه آبخیز رازآور با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

هاشم نوری[۱]، کاکا شاهدی[۲]*، محمود حبیب نژاد روشن[۳]، عطاالله کاویان[۴]، مرزبان فرامرزی[۵]

چکیده

در ایران به دلیل وسعت زیاد، تنوع اقلیمی، تغییرات کاربری اراضی و دگرگونی‌های رخ داده درمقیاس‌های زمانی و مکانی بارش‌ها، همه ساله سیلاب‌های عظیمی رخ می‌دهد. تحقیق حاضر جهت ارزیابی روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای تهیه نقشه حساسیت به سیل می‌باشد. در این تحقیق از پارامترهای طبقات ارتفاعی، شیب، انحنای زمین، فاصله از رودخانه، زمین شناسی، کاربری اراضی، شماره منحنی رواناب و خاک در بخشی از حوضه آبخیز رازآور در استان کرمانشاه استفاده گردید. نقشه‌های رقومی این پارامترها با استفاده از نرم‌افزارهای ArcGIS 10.1 و SAGA GIS 2 با فرمت رستری تهیه شدند. احتمال رخداد سیل برای هر کلاس از هر فاکتور و همچنین اهمیت هر فاکتور نسبت به سایر فاکتورها در وقوع سیل توسط نظرات کارشناسی بررسی گردید و در نهایت وزن‌های مربوطه در نرم افزار Expert choice محاسبه گردید. سپس وزن‌های بدست‌آمده برای هر کلاس و هر فاکتور توسط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در لایه‌های مربوطه اعمال‌گردید و در نهایت نقشه‌های احتمال سیل منطقه مورد مطالعه تهیه شد. نقشه تهیه شده در نهایت به ۵ کلاس شامل حساسیت خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم به قوع سیل طبقه‌بندی شد. نتایج حاکی از آن است که فاکتور شیب دارای بیشترین تاثیر بر وقوع سیل بوده و پس از آن مربوط به فاصله از رودخانه و طبقات ارتفاعی می‌باشد؛ و کمترین تاثیر بر وقوع سیل در منطقه مورد مطالعه مربوط به فاکتور شماره منحنی رواناب می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد ۴۸/۵ درصد از حوضه دارای حساسیت زیاد و خیلی زیاد و ۳۰/۹ درصد دارای حساسیت کم وخیلی کم به وقوع سیل می‌باشد.

واژگان کلیدی: حوضه آبخیز رازآور، احتمال سیل، فاکتورهای موثر، تحلیل سلسله مراتبی.

[۱]- دانشجوی دکتری علوم مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی ساری hnouri642@gmail.com
[۲]- دانشیار گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی ساری (نویسنده مسئول) k.shahedi@sanru.ac.ir
[۳]- استاد گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری roshanbah@yahoo.com
[۴]- دانشیار گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری ataollah.kavian@yahoo.com
[۵]- استادیار گروه مرتعداری، دانشگاه ایلام faramarzi.marzban@gmail.com

مقدمه

در خلال یا پس از یک بارندگی شدید، مقدار دبی رودخانه به سرعت افزایش یافته و درنتیجه آب از بستر عادی خود سر ریز نموده و دشت سیلابی و مناطق اطراف را دربر می‌گیرد. اصولاً بزرگی سیل‌ها و تکرار آن‌ها در طول زمان تابع شدت بارندگی، نفوذپذیری زمین و وضع توپوگرافی منطقه است. سیل، حرکت آب به صورتی که هر چه را که در مسیر خود دارد به همراه ببرد و طغیان که در پی سیل اتفاق می‌افتد، به سکون این آب‌ها و پیوستن آن به آب رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و در نتیجه بالاآمدن سطح آب‌های جاری و زیر آب رفتن مناطق مسکونی و کشاورزی گفته می‌شود (خسروی و همکاران، ۱۳۹۵). به طورکلی، سیل‌ها در مقیاس جهانی ویرانگرترین فاجعه ملی و عامل بیشترین تعداد مرگ و میر و خسارات هستند. آپولوت (۲۰۱۳) بیان کرده است که بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ تقریبا ۹۹ میلیون نفر در سال توسط سیلاب در جهان تحت تأثیر قرار گرفته‌اند. البته امروزه به دلیل دخالت‌های بی-رویه در بسیاری نقاط که قبلاً هیچ گونه سیلی رخ نداده است، طغیان‌های بزرگی مشاهده می‌شود. فعالیت بشر به چند صورت احتمال وقوع سیل را افزایش می‌دهد، از آن جمله می‌توان به ساختمان سازی در دشت سیلابی، قطع درختان جنگلی و تبدیل به مزارع کشاورزی و ویلاسازی و غیره اشاره داشت. همه روزه در سراسر جهان وقایع زیادی رخ می‌دهد که تعدادی از آنها تبدیل به بلایای طبیعیمی‌شوند. بلایای طبیعی در واقع یک فاجعه یا مصیبت ناشی از وقوع یک پدیده طبیعی پرخطر مانند سیلاب، خشکسالی، زلزله، رانش زمین، طوفان و یا آتشفشان است که باعث وارد آمدن خسارت مالی و جانی فراوان به جوامع انسانی می‌گردد، اما در مناطقی که ارتباط مستقیم با انسان ندارند و منافع انسانی در میان نیست این وقایع تبدیل به بلایای طبیعی نمی‌شوند. سیل جزء آن دسته از حوادث طبیعی است که همیشه به‌عنوان بلایای طبیعی قلمداد شده است (ثروتی و همکاران، ۱۳۹۰).

یکی از راهکارهایی که جهت شناسایی خطر سیل به کار گفته می‌شود، تهیه نقشه‌های حساسیت به وقوع سیل توسط مدلهای آماری دو و چند متغیره، داده‌کاوری و یادگیری ماشینی می‌باشند. هیدرولوژیست‌ها مدل‌های زیادی را برای تهیه نقشه‌های حساسیت به وقوع سیل انجام داده‌اند، اما بسیاری از این مدل‌ها یا به داده‌های زیادی نیاز دارند و یا کالیبره کردن آن‌ها سخت می‌باشد و بعضی از مدل‌ها نیز نیازمند فهم فرآیندهای فیزیکی داخل حوضه آبخیز هستند (وارون چوتیکول، ۲۰۰۳). در سالهای اخیر مدل‌های آماری و احتمالاتی زیادی برای نقشه حساسیت به وقوع سیل آزمایش شده است (لی و همکاران، ۲۰۱۲. لوی و همکاران، ۲۰۰۷) و GIS نیز به عنوان ابزار آنالیز پایه برای مدیریت مکانی و دستکاری داده‌ها به دلیل توانایی بالای آن در مدیریت مقادیر زیادی از داده‌های مکانی به کار رفته است (اوه و پردهان، ۲۰۱۱). ترکیب مدل‌های آماری و احتمالاتی با RS و GIS به دلیل افزایش صحت پیش‌بینی مدل، بسیار مورد توجه محققین قرار گرفته است و از کارهای انجام شده می‌توان به کارهای (یوسف و همکاران، ۲۰۱۱. پردهان، ۲۰۰۹. گارسیا و همکاران، ۲۰۱۳) اشاره کرد. محققان زیادی مدل‌سازی بلایای طبیعی و مخصوصا سیلاب را توسط مدل‌های پرکاربردی همچون درخت تصمیم (تهرانی وهمکاران، ۲۰۱۳)، ماشین‌بردار پشتیبان (تهرانی و همکاران، ۲۰۱۴)، نسبت فراوانی (خسروی و همکاران،a ۲۰۱۶)، تابع شواهد قطعی (آلتوینی و همکاران، ۲۰۱۲. نامپاک و همکاران، ۲۰۱۴) رگرسیون لجستیک و AHP (آلتوینی و همکاران، ۲۰۱۴)، ترکیب نسبت فراوانی و رگرسیون

لجستیک (یوسف و همکاران، ۲۰۱۴) وزن واقعه و آنتروپی شانون (خسروی و همکاران، ۲۰۱۶ b) توسط RS و GIS انجام داده‌اند که در زیر به تعدادی از آنها اشاره شده است.

تهرانی و همکاران (۲۰۱۵) توسط تکنیک ماشین‌بردار پشتیبان با ۴ تابع خطی، چند جمله‌ای، تابع پایه شعاعی و سیگموید به بررسی پهنه‌بندی مناطق حساس به وقوع سیل در مالزی پرداختند. آن‌ها بیان کردند که مساحت سطح زیر منحنی (AUC) منحنی مشخصه عملکرد سیستم (ROC) به ترتیب برای توابع فوق برابر با ۸۴/۶۳٪، ۸۳/۹۲٪، ۸۴/۹۷٪، ۸۱/۸۸٪ است. آن‌ها توسط شاخص Cohen's kappa بیان کردند که کل فاکتورهای در نظرگرفته شده شامل شیب، طبقات ارتفاعی، انحنای زمین، کاربری اراضی و غیره به جز رواناب سطحی (که باعث کاهش صحت نتایج نهایی می‌شود) دارای تأثیر مثبت در سیلاب می‌باشند. طبق نتایج آن‌ها شیب و طبقات ارتفاعی در همه انواع توابع از موثرترین فاکتورها بودند.

تهرانی و همکاران (۲۰۱۴) به ترکیب مدل ماشین بردار پشتیبان و وزن واقعه پرداختند. آن‌ها بیان کردند که در ترکیب این مدل‌ها با همدیگر نتایج از صحت بالاتری برخوردار می‌باشد. در این حالت، سطح زیرمنحنی برای نرخ موفقیت و نرخ پیش بینی به ترتیب برابر با ۹۶/۴۸٪ و ۹۵/۶۷٪ بوده که از سایر مدل‌ها به صورت انفرادی بیشتر می-باشد.

خسروی و همکاران (۲۰۱۶a) نیز در تحقیقی به بررسی حساسیت به وقوع سیل حوضه آبخیز هراز توسط مدل‌های آنتروپی شانون، شاخص آماری و فاکتور وزن‌دهی پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که مدل شاخص آماری دارای بیشترین دقت در تهیه نقشه حساسیت به وقوع سیل بوده و پس از آن مربوط به مدل فاکتور وزن دهی و در نهایت آنتروپی شانون می‌باشد.

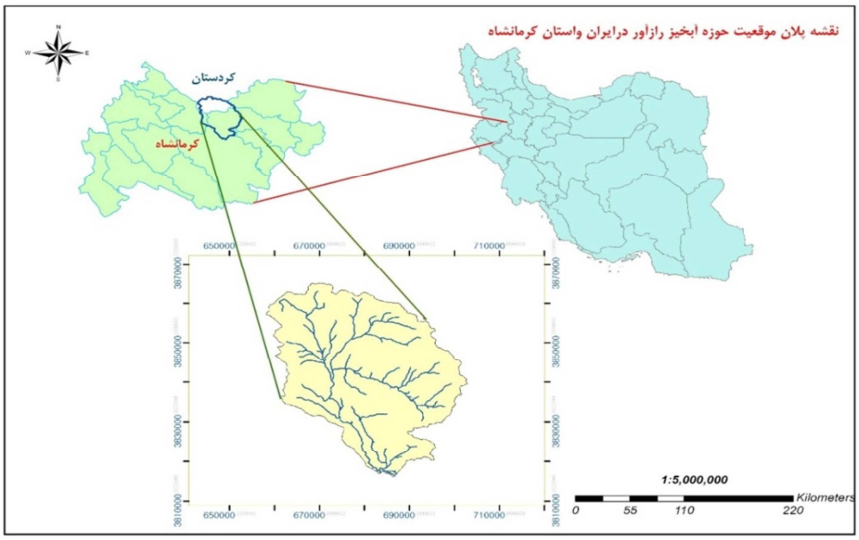
در سال‌های اخیر حوضه آبخیز رازآور در استان کرمانشاه شاهد سیل‌های ویرانگری بوده که نبود اطلاعات از مناطق سیل‌گیر و همچنین عدم اقدامات اساسی جهت جلوگیری و تخفیف سیل، باعث خسارت‌های مالی و جانی شدیدی به شهرها و روستاهای داخل حوضه گردیده است. هدف از تحقیق حاضر تهیه نقشه حساسیت به وقوع سیل در حوضه مذکور جهت اندیشیدن تمهیدات و اقدامات لازم برای تخفیف سیل‌های آتی توسط روش تحلیل سلسله مراتبی می-باشد.

داده‌ها و روش‌ها

الف) منطقه مورد مطالعه:

حوضه رازآوریکی از زیر حوضه‌های اصلی رودخانه قرسو محسوب می‌شود که بین طول جغرافیایی ″ ۴۶′ ۰۰ ° ۴۴ الی″ ۴۸′ ۱۲° ۴۷ وعرض جغرافیایی″ ۲۱′ ۲۸° ۳۴ الی″ ۰۰′ ۵۵ ° ۳۴ قرارگرفته است. حوضه مورد مطالعه ازنظر تقسیمات سیاسی کشور در محدوده استان کرمانشاه و کردستان قرارگرفته است. این حوضه بخش‌هایی ازدشت میاندربند کرمانشاه و بیله‌وار کردستان را دربرگرفته است (شکل ۱). مساحت حوضه ۱۳۰۶/۸ کیلومتر مربع ومحیط آن ۱۸۷/۶ کیلومترمی‌باشد. حداکثر ارتفاع منطقه ۲۹۸۰ متر و کمترین ارتفاع نیز ۱۳۰۰ متر درخروجی حوضه

می‌باشد. زهکش اصلی منطقه رودخانه رازآور است که خروجی آن به حوضه قرسو رسیده و هر ساله سیل‌های مخربی در این حوضه به وقوع می‌پیوندد (شکل ۲). شیب حوضه مورد مطالعه بین ۰ تا ۷۸ درجه متغیر می‌باشد. منطقه مورد مطالعه شامل سه کاربری مختلف کشاورزی، مرتع و صخره می‌باشد. از لحاظ سن زمین شناسی، منطقه شامل سنوزوییک، مزوزوییک و پالئوزوییک می‌باشد. بارش متوسط حوضه بین ۳۸۰-۴۵۰ میلیمتر متغییر می‌باشد.



شکل ۱: نقشه موقعیت حوضه آبخیز رازآور



شکل۲: نمونه‌ای از وقوع سیل در حوضه آبخیز رازآور

ب) روش تحقیق

انتخاب پارامترهای مؤثر در تهیه نقشه‌های پتانسیل سیل

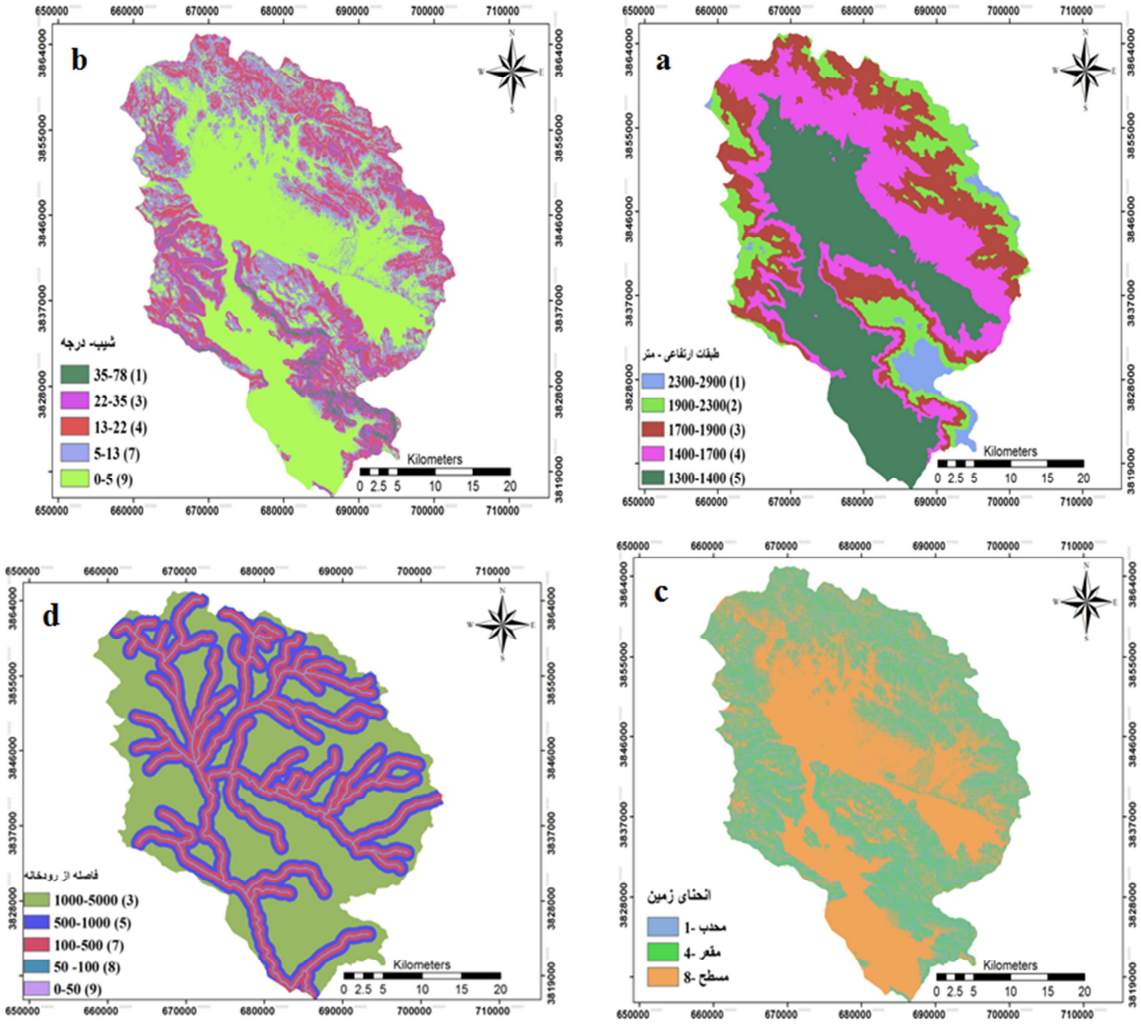
عوامل زیادی ازجمله کاربری اراضی، شیب زمین، خاک‌شناسی، نزدیکی به رودخانه، وسعت مناطق مسطح در پای کوه‌های پرشیب و غیره بر وقوع سیل در حوضه‌های آبخیز تأثیرگذارند. در تحقیق حاضر فاکتورهای طبقات ارتفاعی، درصد شیب، انحنای زمین، فاصله از رودخانه، زمین‌شناسی، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، شماره منحنی، نوع خاک و کاربری اراضی بر طبق مرور منابع (خسروی و همکاران، ۲۰۱۶; تهرانی و همکاران، ۲۰۱۵) به منظور تهیه نقشه پتانسیل سیل حوضه آبخیز رازآور انتخاب شدند و نقشه‌های رستری آن‌ها با اندازه پیکسل ۳۰ متر تهیه شدند. برخی از پارامترهای مذکور، اطلاعات ژئومورفولوژیکی از حوضه در اختیار ما قرار می‌دهند (برای مثال، نقشه شیب و انحنای زمین).

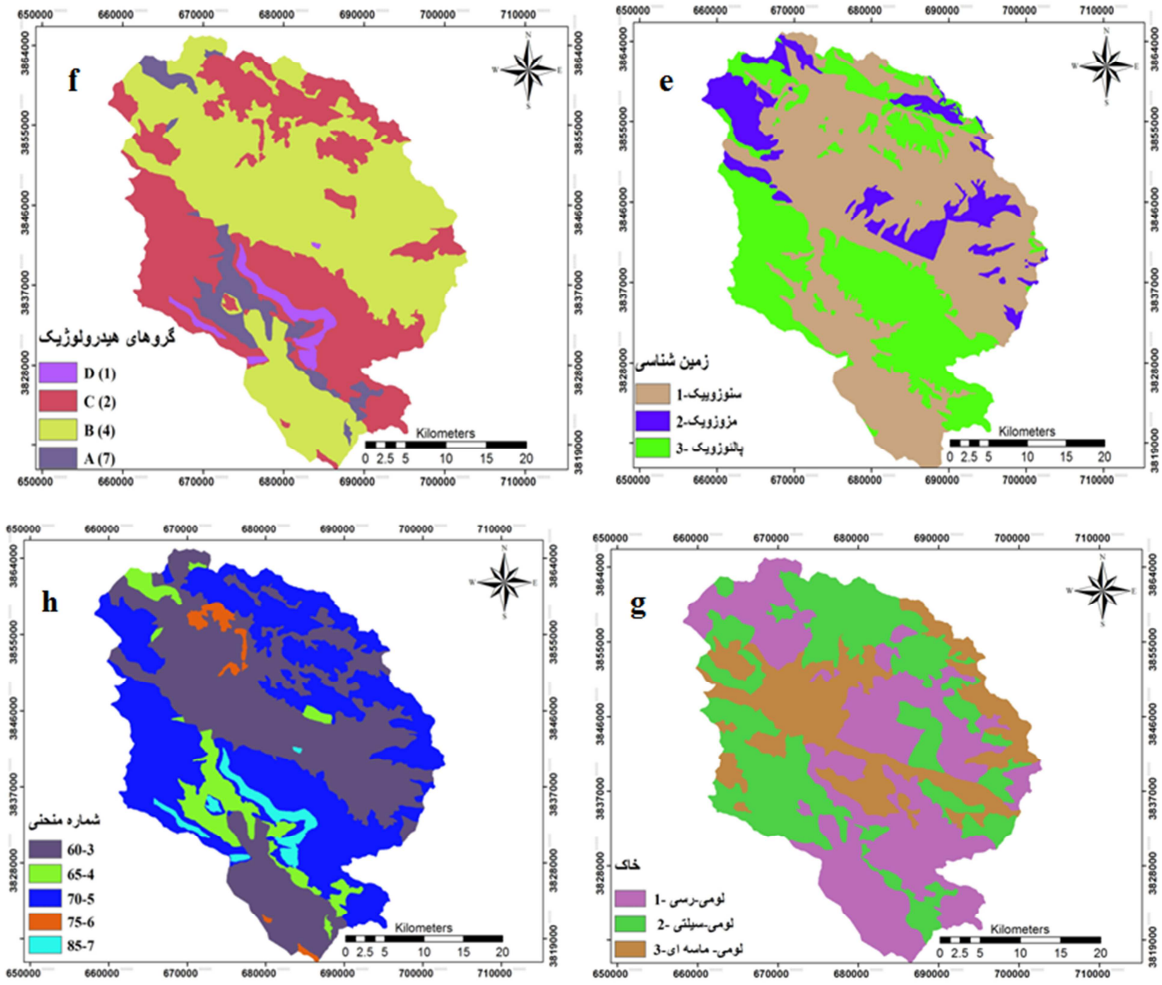
نقشه طبقات ارتفاع زمین بر اساس مدل رقومی ارتفاع (با قدرت تفکیک ۳۰ متر) و نرم‌افزار ArcGIS 10.1 تهیه شد. در نهایت نقشه ارتفاع حوضه آبخیز رازآور به پنج کلاس گروه‌بندی گردید. نقشه شیب زمین به دلیل تأثیر مستقیم بر رواناب سطحی، از مهمترین عوامل موثر در وقوع سیل حوضه‌های آبخیز به شمار می‌رود (خسروی و همکاران، a,b ۲۰۱۶). این نقشه با تکیه بر مدل رقومی ارتفاع (با قدرت تفکیک ۳۰ متر) و نرم‌افزار ArcGIS 10.1 تهیه و سپس به پنج کلاس طبقه‌بندی شد. انحنای زمین یکی دیگر از پارامترهای تاثیر گذار بر وقوع سیل است (تهرانی و همکاران، ۲۰۱۵). نقشه انحنای زمین براساس مدل رقومی ارتفاع (با قدرت تفکیک ۳۰ متر) و نرم‌افزار ArcGIS 10.1 تهیه شد. نقشه مزبور به سه کلاس انحنای مقعر، انحنای محدب و تخت (بدون انحنا) طبقه‌بندی شد.

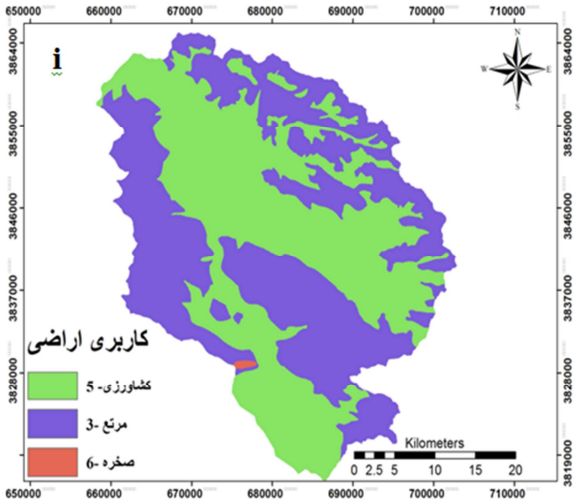
رودخانه رازآور یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های استان بوده و فاصله از رودخانه‌ها نیز بر طبق مرور منابع و همچنین واقعیت رخداد سیل، یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در سیل گرفتگی حوضه‌های آبخیز می‌باشد (تهرانی و همکاران، ۲۰۱۵). نقشه فاصله از رودخانه رازآور با استفاده از دستور Multiple Ring Buffer درمحیط نرم‌افزار ArcGIS 10.1 تهیه و در نهایت به شش کلاس تقسیم‌بندی شد. زمین‌شناسی به دلیل تأثیر مستقیم بر میزان نفوذپذیری و رواناب سطحی، یکی از عوامل مهم در وقوع پدیده سیل در حوضه‌های آبخیز است. برای به دست آوردن نقشهٔ زمین‌شناسی منطقه از نقشهٔ زمین شناسی استان کرمانشاه با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ استفاده گردید. لایه وکتوری نقشه مذبور تهیه و در نهایت به فرمت رستری با اندازه پیکسل ۳۰ متر با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.1 تبدیل و سپس نقشه حاصل به چهار کلاس طبقه‌بندی شد.

فاکتورهای مربوط به گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، نوع خاک و شماره منحنی از مطالعات حاصلخیزی خاک دشت‌های میان دربند کرمانشاه و بیلوار کامیاران در استان کردستان با مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ که توسط مرکز منابع آب و خاک جهاد کشاورزی تهیه شده است، با فرمتshp. دریافت گردید. در نهایت لایه وکتوری نقشه مذبور به فرمت رستری و اندازه پیکسل ۳۰ متر با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.1 تبدیل شد. نقشه‌های تهیه شده گروه‌های هیدرولوژیکی به ۴ کلاس، نوع خاک به ۳ کلاس و شماره منحنی به ۵ کلاس طبقه‌بندی شدند.

کاربری اراضی نیز نتیجه روابط متقابل پارامترهای اجتماعی– فرهنگی و توان بالقوه سرزمین است. تغییر درکاربری و پوشش اراضی نتایج چشم‌گیری در پتانسیل سیل‌گیری حوضه‌های آبخیز دارد (محمد اسماعیل،۲۰۱۱). نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر لندست ۷ (ETM+) و نرم افزار ENVI 5 تهیه شد و در نهایت به ۳ کلاس زراعت، مرتع و صخره طبقه‌بندی گردید.




f
گروهای هیدرولوژیک
D (1)
C (2)
B (4)
A (7)
Kilometers
0 2.5 5 10 15 20
e
زمین شناسی
سنوزوییک-1
مزوزوییک-2
پالئوزوییک -3
Kilometers
0 2.5 5 10 15 20
h
شماره منحنی
60-3
65-4
70-5
75-6
85-7
Kilometers
0 2.5 5 10 15 20
g
خاک
لومی-رسی -1
لومی-سیلتی -2
لومی- ماسه ای-3
Kilometers
0 2.5 5 10 15 20



شکل۳: فاکتورهای موثر در وقوع سیل شامل: طبقات ارتفاعی (a)، شیب (b)، انحنای زمین (c)، فاصله از رودخانه (d)، زمین‌شناسی (e)، گروه‌های هیدرولوژیک خاک (f)، نوع خاک (g)، شماره منحنی رواناب (h) و کاربری اراضی (i).

روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

روش تحلیل سلسله مراتبی یکی از روش‌های تصمیم‌گیری است. واژه AHP مخفف عبارت Analytical Hierarchy process به معنی فرایند تحلیل سلسله مراتبی است. انتخاب معیارها یا فاکتورها بخش اول واکاوی AHP است. سپس براساس فاکتورهای شناسایی‌شده نامزدها (alternative) ارزیابی می‌شوند. در این روش از مرور منابع و همچنین جمع‌آوری نظر کارشناسان از طریق توزیع ۱۰ پرسشنامه میان محقیقی که بر روی سیل دارای تحقیقات فراوانی بوده‌اند، استفاده شد. در این پرسشنامه فاکتورهای نه‌گانه ذکر شده به صورت جدول ماتریسی طراحی و از محققان خواسته شد در بین فاکتورهای نه‌گانه مذکور و همچنین زیرفاکتورها، از ۱ تا ۹ مقایسه جفتی انجام دهند. روش AHP از طریق ساعتی (۱۹۸۰) توسعه داده شد. در این روش برای وزن‌دهی معیارهای و زیر معیارها از ماتریس جفتی به منزله ورودی به مدل استفاده می‌شود. در تحلیل و مدل‌سازی نهایی برای تهیه نقشه سیل‌گیری روش ترکیب خطی وزن دار (WLC) استفاده شد که از طریق رابطه ۱ محاسبه گردید.

$$A_i = \sum_{J=1}^{n} W_j * X_{ij} \qquad (۱)$$

که در آن x_{ij} مقدار i مین گزینه در خصوص j مین میعار و w_j وزن استاندارد شده است، به طوری که مجموع وزن‌ها برابر یک است.

ساعتی (۱۹۸۰) برای ازمون سازگاری برای ارزیابی جفتی، شاخص سازگاری (C.I) و نرخ سازگاری (C.R) را مطرح کرده است که از طریق روابط ۲ و ۳ محاسبه می‌شود.

$$C.I = \frac{\lambda_{\max} n}{n-1} \quad (۲)$$

$$C.R = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (۳)$$

که در این روابط $\lambda_{\max}$ حداکثر مقدار ویژه ماتریس، n رتبه ماتریس و R.I. شاخص سازگاری ماتریس تصادفی است.

ساعتی (۱۹۸۰) عنوان کرده است در صورتی که C.R به ۱ نزدیک شود، مقایسه به صورت تصادفی انجام گرفته است و در حالی که به صفر نزدیک شود سازگاری بیشتر می‌شود. به طور کلی اگر C.R کمتر و مساوی ۰/۱ باشد وزن نهایی به دست آمده قابل قبول است، اما در صورتی که بزرگتر از ۰/۱ باشد، وزن‌های نسبی داده شده به معیارها بایستی تغییر یابند و مجددا وزن‌دهی انجام شود.

نتایج و بحث

وزن فاکتورها و کلاس‌های (زیرفاکتورهای) مؤثر در پتانسیل سیل

وزن تأثیر هریک از فاکتورها و زیرفاکتورهای انتخاب‌شده توسط نظرات ۱۰ کارشناس در نرم‌افزار expert choice انجام گرفت که وزن هریک از فاکتورهای مؤثر و زیر معیارهای آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

برطبق نظرات کارشناسی، برای زیرمعیارهای فاکتور طبقات ارتفاعی، با افزایش طبقات ارتقاعی از حساسیت به وقوع سیل کاسته می‌شود، به عبارتی، بیشترین حساسیت به وقوع سیل در طبقات ارتفاعی پایین و نزدیک خروجی حوضه آبخیز رخ می‌دهد. نتایج این بخش از تحقیق در راستای نتایج خسروی و همکاران (۲۰۱۶ a,b) و تهرانی و همکاران (۲۰۱۵) می باشد.

برای فاکتور انحنای سطح زمین، بیشترین تأثیر بر وقوع سیل را مناطق مسطح زمین دارد و کمترین وزن و تأثیر نیز مربوط به انحنای محدب می‌باشد. نتایج این بخش از تحقیق نیز با واقعیت و تئوری رخداد سیلاب منطبق می‌باشد.

با افزایش شیب نیز از حساسیت به وقوع سیل کاسته می‌شود، به عبارت دیگر، بیشترین تأثیر بر وقوع سیل را شیب‌های کمتر دارند و بر اساس طبیعت رخداد سیل نیز، مناطق با شیب کم و پست پتانسیل بالاتری برای وقوع سیل و زیر آب رفتن نسبت به دیگر شیب‌ها دارند. در این تحقیق نیز شیب ۰ تا ۵ درصد دارای بیشترین تأثیر بر وقوع سیل در حوضه آبخیز رازآور در استان کرمانشاه می‌باشد.

برطبق نظرات کارشناسی، مرور منابع (تهرانی و همکاران، ۲۰۱۵) و واقعیت رخداد سیل در طبیعت، با دور شدن از رودخانه، احتمال وقوع سیل کمتر می‌گردد، در این تحقیق نیز فاصله ۰ تا ۵۰ متر با وزن ۹، بیشترین تأثیر را بر وقوع سیل نسبت به سایر فواصل دارا می‌باشد.

آنچه که مسلم است و در بررسی‌های مختلف نشان داده شده براساس جدول ۲ گروه هیدرولوژیک A به دلیل اینکه بیشترین نرخ نفوذ را در بین خاک‌های دیگر دارا می‌باشد، دارای کمترین وزن و تأثیر بین سایر گروه‌های

هیدرولوژیک خاک در وقوع سیل می‌باشد. گروه D نیز به دلیل میزان نفوذپذیری کم دارای بیشترین تأثیر بر وقوع سیل می‌باشند.

جدول ۱: گروه‌های هیدرولوژیک خاک (مهدوی، ۱۳۸۹)

گروه‌های هیدرولوژیک خاک	پتانسیل جریان سطحی از نظرCN	نوع خاک
A	کم	خاک ماسه ای بانفوذ پذیری بسیار زیاد
B	متوسط	لس کم عمق با میزان نفوذ پذیری زیاد
C	زیاد	خاکهای بامواد‌آلی و رس زیاد ونفوذپذیری کم
D	خیلی زیاد	خاک رسی ولومی با میزان نفوذ پذیری خیلی کم

نوع کاربری صخره و برونزدگی سنگی به دلیل تأثیر بر سرعت جریان و همچنین کمترین نرخ نفوذ، دارای بیشترین تأثیر بر روی وقوع سیل در حوضه آبخیز مورد مطالعه می‌باشد.

بر طبق مرور منابع صورت گرفته (خسروی و همکاران، ۲۰۱۶a) و انطباق سیل‌های اتفاق افتاده در گذشته با نقشه زمین شناسی، بیشترین تأثیر بر وقوع سیل مربوط به پالئوزوییک و کمترین تأثیر مربوط به سنوزوییک می‌باشد.

خاکهای لومی – ماسه‌ای نیز به دلیل نفود بیشتر نسبت به سایر خاک‌ها، دارای تاثیر بیشتری در وقوع سیل می‌باشدآخرین فاکتور در نظر گرفته شده در این تحقیق، شماره منحنی رواناب می‌باشد؛ شماره منحنی بیشتر موید جاری شدن رواناب بیشتر از یک بارندگی می‌باشد، در نتیجه هرچه شماره منحنی بیشتر باشد، به دلیل رواناب بیشتر، احتمال وقوع سیل بیشتر می‌باشد.

در نهایت علاوه بر تأثیر وزن هر زیرمعیار بر وقوع سیل، باید وزن هر معیار یا فاکتور مؤثر نیز در نظر گرفته شود. بر طبق نظرات کارشناسی بیشترین وزن مربوط به شیب، سپس فاصله از رودخانه، طبقات ارتفاعی، انحنای زمین، گروه-های هیدرولوژیک خاک، کاربری اراضی و خاک، زمین‌شناسی و در نهایت کمترین تأثیر مربوط به شماره منحنی رواناب می‌باشد. وزن‌های اعمال شده با مرور منابع صورت گرفته (خسروی و همکاران، ۲۰۱۶ a,b) و همچنین واقعیت وقوع سیل در طبیعت هم‌خوانی دارد.

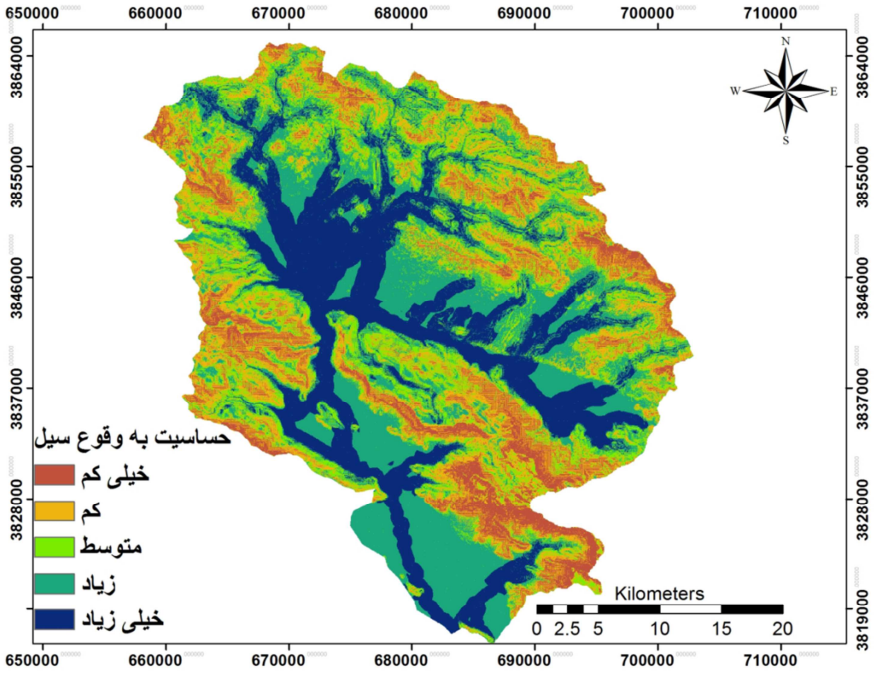
جدول۲: وزن تأثیر هریک از کلاس‌های پارامترهای انتخاب‌شده مؤثر درسیل‌گیری توسط نظرات کارشناسی

معیارها (Criterions)	وزن تأثیر معیار (W_i)	گزینه (Alternative)	وزن تأثیرگزینه (Xij_i)
طبقات ارتفاعی	۰/۱۵	۱۳۰۰–۱۴۰۰	۵
		۱۴۰۰–۱۷۰۰	۴
		۱۷۰۰–۱۹۰۰	۳
		۱۹۰۰–۲۳۰۰	۲
		۲۳۰۰–۲۹۰۰	۱
انحنای زمین	۰/۱۱	محدب	۱
		مقعر	۴
		مسطح	۸

شیب (٪)	۰/۳۵	۰-۵	۹
		۵-۱۳	۷
		۱۳-۲۲	۴
		۲۲-۳۵	۳
		۳۵-۷۸	۱
فاصله از رودخانه	۰/۲۵	۰-۵۰	۹
		۵۰-۱۰۰	۸
		۱۰۰-۵۰۰	۷
		۵۰۰-۱۰۰۰	۵
		۱۰۰۰-۵۰۰۰	۳
گروه‌های هیدرولوژیک خاک	۰/۰۴	A	۱
		B	۲
		C	۴
		D	۷
کاربری اراضی	۰/۰۳۵	کشاورزی	۵
		مرتع	۳
		صخره	۶
زمین‌شناسی	۰/۰۲	سنوزوئیک	۱
		مزوزوئیک	۲
		پالئوزوئیک	۳
خاک	۰/۰۲	لومی – رسی	۱
		لومی- سیلتی	۲
		لومی- ماسه ای	۳
شماره منحنی رواناب	۰/۰۱۵	۶۰	۳
		۶۵	۴
		۷۰	۵
		۷۵	۶
		۸۵	۷

پس از محاسبه وزن عوامل ذکر شده با استفاده از نرم افزار Expert choice مقدار آن در لایه اطلاعاتی هر کدام از عوامل انتقال داده شد و سپس، با کاربرد نرم افزار ArcGIS10.1 این لایه‌ها در هم تلفیق و همپوشانی شدند. در نهایت نقشه رستری با قدرت تفکیک ۳۰*۳۰ تولید شد، بدین ترتیب که هرچه مقدار وزن پیکسل بیشتر باشد، مقدار خطر وقوع سیل برای آن پیکسل بالاتر خواهد بود. در شکل ۴ نقشه حساسیت به وقع سیل در حوضه آبخیز رازآور در استان کرمانشاه نشان داده شده است. نقشه تهیه شده به ۵ کلاس حساسیت شامل، خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و

خیلی زیاد تقسیم‌بندی گردید. همانطور که مشخص است مناطق نزدیک آبراهه با انحنای مسطح و با شیب کم، احتمال رخداد سیل بیشتری دارند.



شکل۴: نقشه حساسیت به وقوع سیل توسط روش AHP در حوضه آبخیز رازآور در استان کرمانشاه

در جدول ۳ نیز مساحت هر یک از کلاس‌های حساسیت به قوع سیل نشان داده شده است. همانطور که مشخص است ۴۸/۲۲ درصد از حوضه آبخیز رازآور به مساحت ۶۳۰/۲۰۴ کیلومتر مربع دارای حساست زیاد و خیلی زیاد و ۳۰/۸ درصد از حوضه نیز دارای حساسیت کم و خیلی کم به قوع سیل می‌باشد، پس نتایج حاکی از بالا بودن پتانسیل وقوع سیل در حوضه آبخیز رازآور می‌باشد.

جدول۳: کلاس‌های حساسیت به وقوع سیل ومساحت هریک از آن‌ها درحوضه آبخیز رازآور

ردیف	طبقات	مساحت (کیلومترمربع)	درصد مساحت
۱	خیلی کم	۱۴۰/۷۵۴	۱۰/۷۷
۲	کم	۲۶۴/۱۱۹	۲۰/۲۱
۳	متوسط	۲۶۱/۷۴۴	۲۰/۰۲
۴	زیاد	۳۴۴/۵۶۸	۲۶/۳۶
۵	خیلی زیاد	۲۹۵/۶۳۷	۲۲/۶۲
جمع کل		۱۳۰۶/۸۲	۱۰۰

نتیجه‌گیری

سیل یکی از انواع بلایای طبیعی می‌باشد که هرساله در قسمت‌هایی از شمال و غرب ایران رخ می‌دهد. برای جلوگیری از وقوع خسارات جانی و مالی تهیه نقشه‌های احتمال وقوع سیل ضروری می‌باشد. در این مورد، روش‌های مختلفی توسط محققان برای شناسایی مناطق پرخطر استفاده شده است که نتایج و نقشه‌های حاصله می‌تواند برای اقدامات بعدی شامل کنترل و تخفیف سیل (mitigation) به کار گرفته شود. با استفاده از نقشه‌های احتمال وقوع سیل، مناطقی را که دارای حساسیت بالا هستند شناسایی کرده تا از وقوع خسارات ناشی از سیل‌های آتی جلوگیری نمود. برای تهیه این نقشه‌ها، اولین گام آماده‌سازی فاکتورهای مؤثر در وقوع سیل می‌باشد. در این تحقیق ۹ فاکتور موثر در وقوع سیل تهیه شد و در نهایت توسط روش AHP فاکتورها و زیرفاکتورهای موثر در وقوع سیل وزن‌دهی شدند.

نتایج نشان داد که فاکتورهای شیب و سپس فاصله از رودخانه و طبقات ارتفاعی بیشترین و فاکتور شماره منحنی رواناب کمترین تأثیر را بر وقوع سیل دارد. طبق مرور منابع صورت گرفته (پورقاسمی و همکاران، ۱۳۹۳; خسروی و همکاران،a,b ۲۰۱۶) و همچنین نتایج این تحقیق، بیشترین نقش در رخداد سیل مربوط به فاکتورهای توپوگرافی و مخصوصا شیب می‌باشد. همچنین طبق نقشه حساسیت به وقوع سیل تهیه شده، مناطق نزدیک آبراهه با انحنای مسطح و با شیب کم، احتمال رخداد سیل بیشتری نسبت به سایر قسمت‌های حوضه آبخیز رازآور دارند. ۴۸/۵ درصد از حوضه دارای حساسیت زیاد و خیلی زیاد و ۳۰/۹ درصد دارای حساسیت کم وخیلی کم به وقوع سیل می‌باشد که نشان از بالا بودن پتانسیل وقوع سیل در حوضه آبخیز رازآور می‌باشد.

حوضه آبخیز رازآور به دلیل کوهستانی بودن و همچنین شیب زیاد، رواناب به سرعت تشکیل شده و در طبقات ارتفاعی پایین‌تر، در جاهایی که توپوگرافی اجازه بدهد سطح وسیعی را به صورت سیل در بر می‌گیرد. بیشتر مناطق مسکونی و کشاورزی داخل این حوضه، در مناطقی احداث شده است که دارای شیب کم و از نظر انحنا، مسطح هستند و به همین خاطر در صورت وقوع سیل موجب خسارات زیادی می‌شود.

یافته‌های این پژوهش حاکی از دقت مدل AHP در شناسایی مناطق دارای استعداد سیل گرفتگی حوضه آبخیز رازآور استان کرمانشاه است؛ بنابراین استفاده از مدل AHP در ارزیابی خطر سیل گرفتگی، مفید و قابل‌اعتماد است، زیراکه نقشه نهایی با واقعیت رخداد سیل که شامل مناطق مسطح با شیب کم و نزدیک رودخانه‌ها (خسروی و همکاران، ۱۳۹۵) و همچنین پیمایش‌های میدانی (وجود داغاب سیل‌های گذشته) منطبق است. این روش به دلیل ساده بودن، کارایی قابل قبول، وزندهی به فاکتورها و زیرفاکتورها به صورت کمی و تعیین مهمترین فاکتورهای موثر ردر وقوع بلایای طبیعی یکی از پرکاربردترین روش‌ها جهت تهیه نقشه بلایایی طبیعی می‌باشد. رویکرد ارائه‌شده در این تحقیق درواقع کاربرد برخی متغیرهای مؤثر بر وقوع سیل که این پارامترها برآیند عوامل مختلف محیطی و انسانی است که بر اساس نقشه پیش‌بینی خطر سیل ارائه‌شده و می‌توان اقدامات مدیریتی مناسبی جهت کاهش خسارت‌ها و تلفات ناشی از سیل انجام داد. نتایج و اطلاعاتی که از این تحقیق می‌توان گرفت برای بسیاری از

ارگان‌های دولتی شامل اداره منابع آب، منابع طبیعی، برنامه‌ریزها جهت برنامه‌های هشدار سیل و جلوگیری از وقوع خسارات در سیل‌های آینده (توسط روش‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای) برای حوضه‌های غرب کشور که هرساله چندین مرتبه شاهد وقوع سیل‌های خطرناک هستیم، مفید و ضروری خواهد.

برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌گردد نتایج این تحقیق با مدل‌های آماری دو و چند متغیره و همچنین یادگیری ماشینی مقایسه گردد تا نقشه حساسیت به وقوع سیل با دقت بالاتری جهت اقدامات بعدی تهیه گردد.

منابع

مسلمی علیرضا (۱۳۸۵). آشنایی با بلاهای طبیعی شرایط غیرمترقبه اقدامات امدادی. انتشارات معاونت ترویج ومشارکت مردمی وزارت جهاد سازندگی سابق.۵۶ ص.

خسروی خه بات، معروفی نیا ادریس، نوحانی ابراهیم، چپی کامران (۱۳۹۵). ارزیابی کارایی مدل رگرسیون لجستیک در تهیه نقشه حساسیت به وقوع سیل. مرتع و آبخیزداری، ۶۹ (۴): ۸۶۳-۸۷۶.

ثروتی محمدرضا، رستمی اکبر، رخدادی فاطمه(۱۳۹۰). امکان‌سنجی وقوع سیل در حوزه آبخیز لیلان چای مراغه به روش CN. فصلنامه جغرافیایی سرزمین، ۸(۴): ۶۷-۸۱.

قاسمی علی، سلاجقه علی، ملکیان آرش، اسمعلی عوری اباذر(۱۳۹۳). سیل‌خیزی و تعیین عوامل موثر در آن در حوضه رودخانه بالقلی چای با استفاده از AHP. محیط شناسی، ۴۰: ۳۸۹-۴۰۰.

Althuwaynee, O.F., Pradhan, B., Lee, S., 2012. Application of an evidential belief function model in landslide susceptibility mapping. Computers & Geosciences, Vol. 44, pp. 120–135.

Althuwaynee, O.F., Pradhan, B., Park, H.J., Lee, J.H., 2014. A novel ensemble bivariate statistical evidential belief function with knowledge-based analytical hierarchy process and multivariate statistical logistic regression for landslide susceptibility mapping. Catena, Vol. 114, pp. 21–36.

García-Pintado, J., Neal, J.C., Mason, D.C., Dance, S.L., Bates, P.D., 2013. Scheduling satellite-based SAR acquisition for sequential assimilation of water level observations into flood modeling. Journal of Hydrology, Vol. 495, pp.252–266.

Khosravi, K., Nohani, E., Maroufinia, E., Pourghasemi, H.R. (2016a). A GIS-based flood susceptibility assessment and its mapping in Iran: a comparison between frequency ratio and weights-of-evidence bivariate statistical models with multi-criteria decision-making technique. Natural Hazards, Vol. 83, pp. 947–987.

Khosravi. K., Pourghasemi, H.R., Chapi, K., Bahri, M. 2016b. Flash flood susceptibility analysis and its mapping using different bivariate models in Iran: a comparison between Shannon's entropy, statistical index, and weighting factor models. Environmental monitoring and assessment, doi:10.1007/s10661-016-5665-9. 898.

Levy, J.K., Hartmann, J., Li, K.W., An, Y., Asgary, A., 2007. Multi-criteria decision support systems for flood hazard mitigation and emergency response in urban watersheds. Journal of the American Water Resources Association. Vol.43, pp. 346–358.

Nampak, H., Pradhan, B., Manap, M.A. 2014. Application of GIS-based data driven evidential belief function model to predict groundwater potential zonation. Journal of Hydrology, Vol. 513, pp. 283-300.

Oh, H.J., Pradhan, B., 2011. Application of a neuro-fuzzy model to landslide- susceptibility mapping for shallow landslides in a hilly area, Computers & Geosciences, Vol. 37, pp. 1264–1276.

Lee, M.J., J.E. Kang and S. Jeon. 2012. Application of frequency ratio model and validation for predictive flooded area susceptibility mapping using GIS. In: Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), Munich. pp. 895-898.

Opolot E, 2013. Application of remote sensing and geographical information systems in flood management: a review. Research Journal of Applied Science Engineering and Technology, Vol. 6, pp. 1884-1984.

Pradhan, B. 2009. Flood susceptible mapping and risk area delineation using logistic regression, GIS, and remote sensing. Journal of Spatial Hydrology, Vol. 9, pp. 1-18.

Tehrany, M.S., B. Pradhan and M.N. Jebur. 2013. Spatial prediction of flood susceptible areas using rule-based decision tree (DT) and a novel ensemble bivariate and multivariate statistical models in GIS. Journal of Hydrology, Vol. 504, pp. 69-79.

Saaty, T. L, 1980. The Analytic Hierarchy Process, New York: McGraw Hill

Tehrany, M.S., B. Pradhan and M.N. Jebur. 2014. Flood susceptibility mapping using a novel ensemble weights-of-evidence and support vector machine models in GIS. Journal of Hydrology, Vol. 512, pp. 332-343.

Tehrany, M.S., Pradhan, B., Mansour, Sh., Ahmad, N. 2015. Flood susceptibility assessment using GIS-based support vector machine model with different Kernel types. Catena, Vol. 125, pp.91-101.
Varoonchotikul, P., 2003. Flood Forecasting using Artificial Neural Networks. Balkema, Rotterdam, the Netherlands, pp. 101.
Youssef, A.M., Pradhan, B., Hassan, A.M., 2011. Flash flood risk estimation along the St. Katherine road, southern Sinai, Egypt using GIS-based morphometry and satellite imagery. Environmental Earth Sciences, Vol. 62, pp. 611–623.
Youssef, A.M., Pradhan, B., Pourghasemi, H.R., Abdullahi, S. 2014. Landslide susceptibility assessment at Wadi Jawrah Basin, Jizan region, Saudi Arabia using two bivariate models in GIS. Geosciences Journal, Vol. 19(1), pp. 113-134.

Susceptibility to flooding in the Razavar Watershed using analytical hierarchy process method

Hashem Nouri[1], Kaka Shahedi*[2], Mahmoud Habibnezhad Roshan[3], Attaolah Kavian[4], Marzban Faramarzi[5]

Received: 10-06-2017 Accepted: 02-06-2018

Abstract

In Iran, the vast floods are occurring frequently those are due to huge area, climate changes, land use change and temporal and spatial variations of precipitation. The current research mainly aims to assess Analytical Hierarchy Process (AHP) method to provide flood susceptibility map. In this study, different factors, e.g. elevation classes, the percentage of slope, land curvature, distance from the river, geology, land use types, curve number and soil hydrological groups are used in the Razavar watershed in Kermanshah province. The raster maps of these layers were provided by using ArcGIS10.1 and SAGA GIS2. The flooding probability of each class for different factors as well as the importance of each factor in comparison with other factors was evaluated according to the expert opinions, and then the related weights were calculated in the expert choice software. Furthermore, the obtained weights of each class/factor were applied to every layer using Geographic Information Systems (GIS) to provide flood susceptibility map. The results showed that the percentage of the slope had the highest effects on the flood, and also distance from the river and the elevation classes are in the next priorities. The lowest factor in the flood is related to curve number. Moreover, the results indicated that about 48.5% and 30.9% of the study area were recognized with high sensitivity and low/very low sensitivity, respectively.

Keywords: Razavar watershed, Flooding probability, Effective factors, AHP.

[1]- PhD. student, Department of Watershed Management, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran
[2]*- Associate Professor, Department of Watershed Management, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran
Email: k.shahedi@sanru.ac.ir
[3]- Professor, Department of watershed management, Sari Agricultural Science and Natural Resources University, Iran
[4]- Associate Professor, Department of Watershed Management, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran
[5]- Assistant Professor, Department of Rangeland Management, Ilam University, Iran