

مهندسی جغرافیایی سرزمین، دوره چهارم، شماره ۷، بهار و تابستان ۱۳۹۹

شاپای چاپی ۱۴۹۰-۲۵۳۸ شاپای الکترونیکی ۳۹۲۲-۲۵۳۸

<http://JGET.ir>

صص. ۸۳-۷۰

پهنه بندی سیلاب حوضه آبریز شهر چای ارومیه با استفاده از مدل Fuzzy_ANP

علی خدمت زاده* دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS دانشگاه تبریز، ایران
مهدی حسنی دانشجوی ارشد رشته ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۲۶

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۲۲

چکیده

در این پژوهش به پهنه بندی سیلاب حوضه آبریز شهر چای ارومیه با استفاده از مدل Fuzzy_ANP پرداخته شده است. متغیرهای مورد بررسی هشت پارامتر است که شامل: شیب، تراکم پوشش گیاهی، ارتفاع، بارش، جهت شیب، فاصله از رودخانه، کاربری اراضی و زمین شناسی هست. لایه های اطلاعاتی در نرم افزار ARC GIS و ENVI تهیه شده و برای وزن دهی متغیرها از مدل fuzzy ANP استفاده شده است. طبق نتایج تحقیق، بخش های جنوب شرقی حوضه با قرار گیری در پهنه های با پتانسیل زیاد و خیلی زیاد، به دلیل پایین بودن تراکم پوشش گیاهی، شیب زیاد و نوع سازند، به عنوان سیل خیزترین بخش های حوضه معرفی شده اند که به ترتیب ۶۶/۱۷ و ۳۷/۳۶ از مساحت حوضه را دارا می باشند. بخش های با پتانسیل کم و خیلی کم، بخش غربی حوضه است که اغلب با کاربری کشاورزی و باغات هستند. این مناطق به ترتیب ۱۰/۴۱ و ۱/۶۳ درصد از مساحت کل حوضه را شامل می شوند.

واژگان کلیدی: تحلیل شبکه ای، حوضه آبریز، سیلاب، شهر چای، پهنه بندی

* نویسنده مسئول Email: clima.khedmatzadeh@yahoo.com

مقدمه

همه روزه در سراسر جهان وقایع زیادی رخ می‌دهد که تعدادی از آنها تبدیل به بلایای طبیعی می‌شوند. 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 به عنوان یک تهدید بزرگ برای زندگی بشر (آسیب یا مرگ انسان و حیوانات)، خواص (زمین کشاورزی، تولید محصول، ساختمان و خانه) و زیرساختها (پلها، جاده ها، راه آهن، زیرساختهای شهری) (Samantha et al 2018) محسوب می‌شود. امروزه سیل خسارت مالی و جانی بسیاری در اکثر نقاط دنیا به بار می‌آورد به ویژه در ایران که در منطقه نیمه خشک جهان واقع شده و بارندگی‌ها در آنچه از لحاظ زمانی و مکانی دارای توزیع یکنواختی نبوده و شاهد وقوع چین مخاطره‌ای در اکثر نقاط کشور می‌باشیم و برنامه ریزی جهت مهار و نیز بهره‌مندی از آن امری ضروری می‌باشد که هم باعث کاهش تلفات جانی و بهره‌برداری از آن با هدایت به محل جمع‌آوری آب از قبل تعبیه شده می‌شود به ویژه در ایران که در آینده نه چندان دور با مشکلات جدی تری در زمینه تامین آب رو به رو خواهد شد (Omidvar et al : 2001). امروزه مبارزه با سیل از طریق مدیریت غیرسازه‌ای حوضه‌های آبخیز مورد توجه است، بر همین اساس اولین اقدامی که برای کاهش خطر سیل مطرح می‌شود مهار سیل در سرمنشاء آن یعنی زیر حوضه‌های آبریز است (Abdi 2006 : 200) هر قسمتی از حوضه پتانسیل معینی را در تولید رواناب و سیل دارد. پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی روشی است که با در نظر گرفتن این ویژگی‌ها و همچنین میزان تولید رواناب در هر بخش، حوضه را بر اساس توان سیل خیزی پهنه بندی می‌کند (Esfandyari et al 2014 : 2). اندازه و تکرار رویداد سیلاب در هر منطقه، بستگی به عوامل متعددی دارد. ویژگی‌های فیزیکی حوضه‌ی آبریز مانند: شکل، شیب، شبکه‌ی آبراهه‌ای و ناهمواری زمین، همراه با ویژگیهای هیدرولوژیکی مانند: بارش، ذخیره و تلفات برگابی و چالابی، تبخیر و ترق و نفوذپذیری و اقدامات ناشی از فعالیت‌های بشری، در بروز و تشدید سیلاب یا کاهش و افزایش میزان خسارت‌های ناشی از آن دخالت دارند. شناخت این عوامل و دسته بندی آنها در هر منطقه‌ای، از اصول اولیه‌ی مهار سیلاب و کاهش خطرات آن است (Razavi 2008 : 75).

سیلاب به عنوان مانع اصلی در برابر برنامه‌های توسعه محلی در نظر گرفته می‌شود (Schober et al . 2015). تهیه نقشه مناطق مستعد، برای پیشگیری و مدیریت سیل بسیار مهم است (Boutet al : 2018). تاثیر جدی سیل بر اکوسیستم‌های طبیعی و فعالیت‌های انسانی یک عامل مهم برای محدود کردن توسعه پایدار جوامع و اقتصادها است. برای پیشبینی احتمال سیل، نقشه حساسیت سیل یک گام ضروری است (Wang et al . 2018). پیشبینی مکان وقوع سیل به علت تغییر ناگهانی در شرایط آب و هوایی و عوامل انسانی بسیار دشوار است (Khosravi et al: 2018). متأسفانه در ایران به موضوع سیل و مدیریت و کاهش خسارت‌های آن توجه جدی نشده است و فقط زمانی که سیل مخربی جاری می‌شود و فاجعه‌ای به وجود می‌آورد توجه مسئولین به آن جلب می‌شود. یکی از راه‌های جلوگیری و کاهش خسارت‌های ناشی از سیل قرار دادن اطلاعات معتبر در اختیار مردم از طریق تهیه نقشه‌های پهنه بندی خطر سیلاب است (Arab amer et al : 2017). برای پیشگیری و مهار سیلاب باید در درجه اول مناطقی که پتانسیل بالایی در تولید سیل دارند تعیین و سپس عوامل تولید و ایجاد سیل شناسایی شوند، اخطار سریع و پاسخ اضطراری به وقوع سیلاب نیز از موارد مورد نیاز در کنترل سیلاب است (Feng & Xianfeng \ 2011). نقشه حساسیت به سیل می‌تواند خطرات ناشی از سیل‌های آینده را براساس روش‌های آماری یا قطعی شناسایی و پیشبینی کند.

در زمینه پهنه بندی سیلاب پژوهش‌های بسیاری با روش‌های گوناگون انجام شده است. که از جمله آن‌ها می‌توان، لزی^۱ و همکاران (۲۰۰۹)، استفان^۲ (۲۰۰۰)، فلیپ^۳ و همکاران (۲۰۰۶)، لانگ^۴ و موهانتی^۵ (۱۹۹۷)، بالدزار^۶ و همکاران (۲۰۰۹)، امیر احمدی و همکاران (۱۳۸۸)، قنواتی و دیگران (۱۳۹۰)، هاگ و همکاران (۲۰۱۲). اشاره کرد

¹ Lezy et al

² stephan

³ Phelip et al

⁴ lang

⁵ mohanti

⁶ Baldezar et al

تهرانی و همکاران در سال (۲۰۱۴) به شناسایی نقاط سیل گیر براساس وقوع سیل های گذشته و پارامترهای مؤثر بر وقوع آنها با استفاده از روشهای ترکیبی مانند درخت تصمیم گیری، رگرسیون لجستیک و ماشین بردار پشتیبان پرداختند. و به این نتیجه رسیدند که مدل‌های وزن واقعه و ماشین بردار پشتیبان با بیشترین صحت به ترتیب دارای سطح زیر منحنی ۹۶/۴۸ و ۹۵/۶۷ درصد دقت قابل قبولی در تهیه نقشه حساسیت سیل گیری دارند.

خلف اله و سعیدی (۲۰۱۸) سیلابهای رودخانه مجردا تونس را با استفاده از مدل RAS-HEC پهنه بندی نموده اند. آنالیز نتایج نشان داده است که همبستگی مناسبی بین تمامی پارامترهایی مورد استفاده وجود داشته و مدل مذکور توانسته سیالیهایی با دبی بیشتر از ۲۴۰ متر بر ثانیه با دوره بازگشت ۱۰، ۲۰ و ۵۰ ساله را بازسازی نماید.

ساماتا و همکاران (۲۰۱۸) از مدل نسبت فراوانی برای ارزیابی نقشه حساسیت سیل در حوضه رودخانه Subarnarekh در هند استفاده کردند. ۳۲ مکان سیل برای آموزش و ۱۴ مکان وقوع سیل برای اعتبار سنجی با روش AUC استفاده شدند. دقت روش نسبت فراوانی، ۸۴ درصد می‌باشد که میزان قابل قبولی از موفقیت مدل در پیشبینی است.

رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۷) سیلابهای رودخانه قره سو را با استفاده از مدل هیدرودینامیکی RAS-HEC پهنه بندی و مسیر رودخانه را به لحاظ مورفولوژی تحلیل نموده اند. با توجه به نتایج این پژوهش وقوع سیلابهای با دوره بازگشت ۲۵ ساله موجب خواهد شد که مساحتی در حدود ۱۰۸۵ هکتار از اراضی کشاورزی و باغات حاشیه رودخانه قره سو تحت تاثیر سیلاب قرار گیرند.

راد و همکاران (۱۳۹۷) با بکارگیری مدل RAS-HEC پایین دست حوضه آبخیز خرم آباد را به لحاظ وقوع سیل مورد ارزیابی قرار داده اند. نتایج نشان داده است که به ازای دوره بازگشت‌های طولانی تر، میزان دبی بیشتر شده و تغییرات عرضی پهنه سیلاب از بالا دست به قسمت میانی به دلیل افزایش شیب رودخانه، کاهش یافته و سیل در گستره کمتری جریان یافته و در پایین دست به دلیل کاهش شیب و افزایش دبی مقدار عرض جریان افزایش یافته است.

یکی از روش های پرکاربرد در تصمیم گیری های چند معیاره، فرایند تحلیل شبکه ای (ANP) است. این روش گسترش یافته ی شبکه ای (AHP) است (Momeni & Sharifi salim 2011 : 89) به طور کلی ANP از ترکیب چهار گام اصلی به وجود می‌آید: ۱- پایه ریزی مدل و ساختار مسئله؛ ۲- ماتریس مقایسه های زوجی و بردارهای تقدم؛ ۳- تشکیل سوپرماتریس ۴- انتخاب بهترین گزینه (Najafi . 2010 : 63-76). در این تحقیق که از نظر روش، توصیفی-تحلیلی و از نظر هدف، کاربردی می‌باشد به شناسایی مناطق مستعد سیل خیز با استفاده از روش ANP و ۸ معیار استاندارد سازی شده در محیط نرم افزار Arc Map، پرداخته شده است.

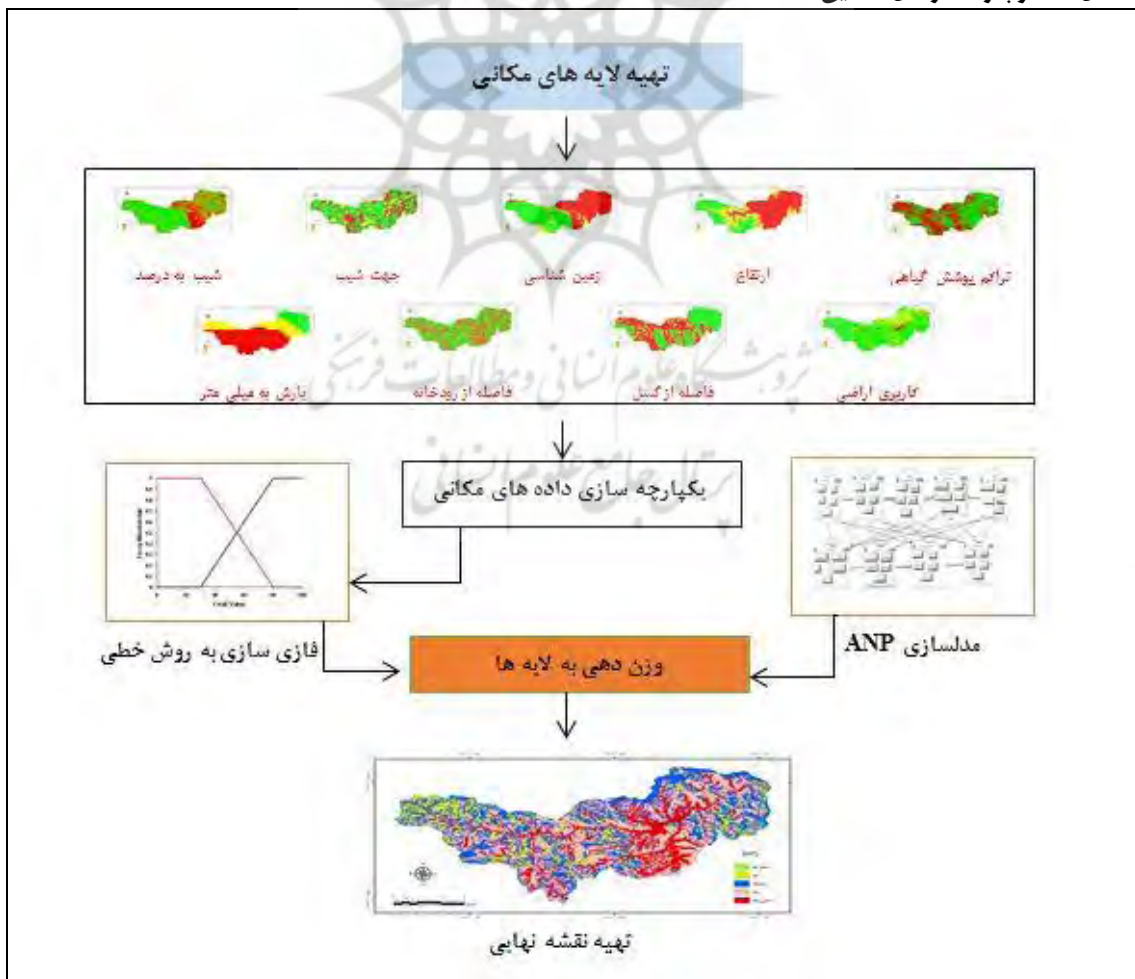
روش پژوهش

شکل ۲ روند کلی تحقیق را نشان می‌دهد، همانطور که مشخص می‌باشد برای پهنه بندی سیلاب در حوضه شهر چایی از ۸ معیار استفاده شده است، که شامل کاربری اراضی، شیب به درصد، جهت شیب، ارتفاع، زمین شناسی، فاصله از رودخانه، بارش به میلی متر، تراکم پوشش گیاهی می‌باشد هر کدام از معیارها نیز از ۵ زیر معیار جدول شماره (۲) تشکیل شده و در محیط نرم افزار Arc GIS استاندارد سازی شدند. اطلاعات مربوط به لایه کاربری اراضی و تراکم پوشش گیاهی از تصاویر ماهواره ای لندست ۸، سنجنده OLI به تاریخ ۲۰۱۸/۰۵/۲۸ برای گذر ۱۶۹ و مسیر ۳۴ استخراج شده است. سایر اطلاعات مکانی از سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان آذربایجان غربی جهت پهنه بندی تهیه شد. از DEM ۳۰ متری و نقشه های زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰ و داده های سازمان هوا شناسی برای تهیه نقشه بارش در حوضه مورد مطالعه استفاده شده است.

برای تحلیل داده ها از بصورت عمده از نرم افزار Arc Map و ابزارهای آن استفاده شده است. این ابزارها در پژوهش حاضر اعم از تحلیل فاصله و درونیابی می‌باشند.

در نهایت برای به دست آوردن میزان اهمیت هر یک از این عوامل (معیارها) در رابطه با رخداد سیل و همچنین وزندهی به متغیرهای اصلی و طبقه های فرعی متغیرها، از مدل ANP بهره برده شده است. برای حل یک مسئله با این روش، ابتدا باید شبکه ای از هدف، معیارها، زیرمعیارها، گزینه ها و روابط بین آنها شناسایی و رسم شود. در گام بعدی همه ی مقایسه های زوجی انجام گیرد. معیاری که مقایسه های زوجی نسبت به آن یا با توجه به آن انجام می شود، به معیارکنترلی معروف است. وزن معیارها و وزن گزینه ها، در سوپرماتریسی که سطرها به مقدار ثابتی میل کنند، به دست خواهد آمد (Momeni & Sharifi salim 2011 : 90-93). در ANP اندازه گیری مقادیر اهمیت نسبی به مانند AHP با مقایسه های زوجی و به کمک طیف ۱ تا ۹ انجام می شود. عدد ۱ نشان دهنده ی اهمیت یکسان بین دو عامل و عدد ۹ نشان دهنده ی اهمیت شدید یک عامل نسبت به عامل دیگر است. لازمه ی استفاده از این روش، شناخت کافی از هدف تصمیم گیری، محیط تصمیم و تمامی عناصر تصمیم گیری به وسیله ی تصمیم گیرنده است. این شناخت به این علت لازم است که تصمیم گیرنده بتواند همه ی ملاک های مؤثر در تصمیم را تعیین و تأثیر آن ها بر یکدیگر را مشخص و بتواند واقعی ترین حالتی از شبکه را رسم کند. مقایسه های زوجی بایستی اولویت واقعی عناصر نسبت به یکدیگر را نشان دهند، اما از آنجا که این شناخت کافی از سیستم همیشه موجود نیست و تصمیم گیرنده نمی تواند در حالت کلی با اطمینان کامل در مقایسه های بنابرین برای رفع این مشکل مدل تحلیل شبکه ای توسعه داده می شود. راه حل طبیعی برای انجام مقایسه ها در حالت های نبود قطعیت استفاده از مقایسه های فازی (FANP) است که حالت های ابهام در مقایسه را مدل سازی کند (Razmi et al : 2008).

شکل ۱: فلوچارت مراحل تحقیق



فرایند تحلیل شبکه ای فازی از تلفیق فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی و ماتریس تأثیرات وابستگی متقابل بین معیارها به دست می آید اعداد مورد استفاده در این روش، اعداد مثلثی فازی اند. مفاهیم و تعاریف فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی بر اساس روش تحلیل توسعه ای تشریح می شوند (Alem Tabriz & Momeni : 1990). بدین منظور با استفاده از روش تحلیل شبکه فازی در نرم افزار Super Decisions و با بهره گیری از نظرات کارشناسان وزن دهی به شاخص های مورد استفاده انجام و با استفاده از ابزارهای Raster Calculate و Weighted Overlay به تهیه نقشه نهایی پهنه بندی سیلاب اقدام می شود.

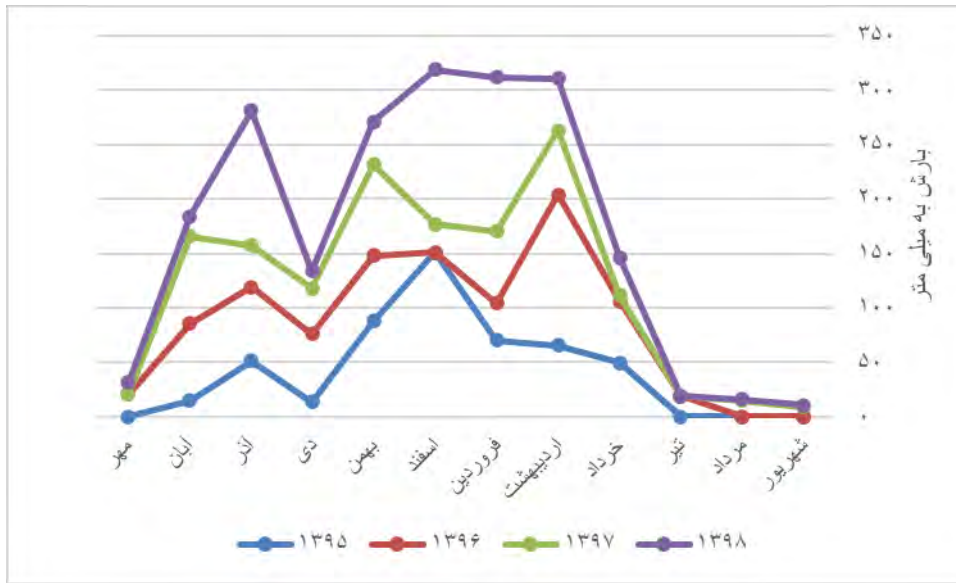
معرفی محدوده مورد مطالعه

حوضه ی آبریز شهرچای یکی از حوضه های غربی دریاچه ارومیه است؛ که در طول جغرافیایی ۱۷° ۴۴' تا ۳۵° ۴۴' و عرض جغرافیایی ۱۹° ۳۷' و ۳۵° ۳۷' قرار گرفته است (شکل ۳) رودخانه شهرچای به عنوان مهم ترین رودخانه این حوضه از ارتفاعات مرز ی ایران و ترکیه سرچشمه می گیرد. این رودخانه پس از عبور از سمت جنوبی شهر ارومیه در سمت پایینی کشتیبان وارد دریاچه ارومیه می شود. طول رودخانه شهرچای ۶۰ کیلومتر و سطح حوضه آبریز آن ۹۶۰ کیلومترمربع است. این رودخانه دارای حجم رواناب سالیانه ۲۶۰ میلیون مترمکعب می باشد. رودخانه شهرچای ارومیه یکی از رودخانه های دائمی در ارومیه می باشد و آب آن در بهار به علت طغیان و خروج از مجرای رودخانه و شدت و سرعت جریان و در نهایت فرسایش بستر دارای مواد معلق فراوان بوده و همواره گل آلود و تیره رنگ است. اما، در تابستان به دلیل کاهش میزان آب و سرعت جریان دارای آبی زلال و صاف و قابل شرب است. در اطراف روستای هلوری، بستر رودخانه فراخ می شود و مجدداً پس از عبور از این دهکده باریک شده و به حدود ۳۵ متری می رسد، اما در محل بند و حوالی آن به ۵۰ متر افزایش می یابد. با توجه به شکل ۲ بیشترین میزان بارندگی در ۴ سال مورد بررسی، در سال ۱۳۹۸ و بیشتر در ماه های اردیبهشت اتفاق افتاده است.

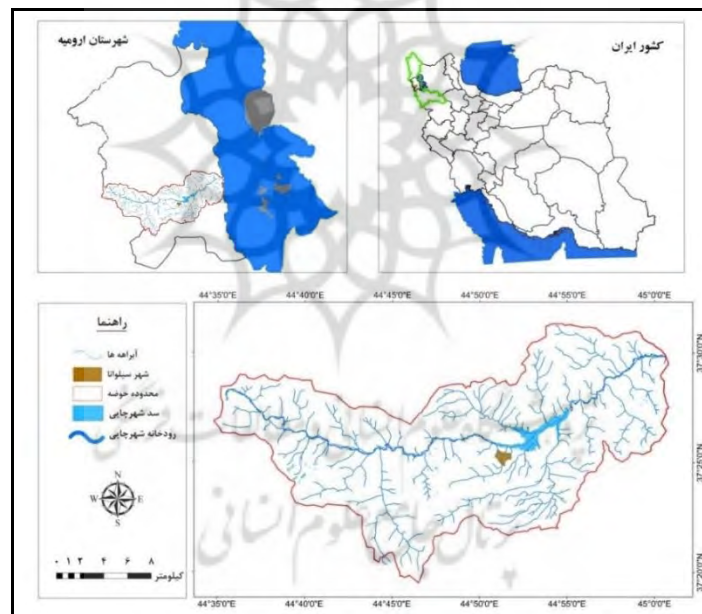
جدول ۱. آمار بارندگی ماهانه در حوضه آبریز شهرچای در سالهای ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸

ماه سال	شهرچای	آب	آب	آب	تعمیر	آب	آب	آب	آب	آب	آب	آب	آب
۱۳۹۵	۰	۰	۱۴.۸	۵۱.۶	۱۳.۸	۸۷.۶	۱۵۱.۲	۷۰	۶۵.۵	۴۹.۸	۰	۰	۰
۱۳۹۶	۰	۰	۷۰.۸	۶۷.۴	۶۲	۶۰.۲	۰	۳۴.۴	۱۳۸.۴	۵۶.۲	۱۹	۰	۰
۱۳۹۷	۸.۸	۱۵	۷۹.۸	۳۸.۶	۴۲.۲	۸۴	۲۵.۴	۶۶.۲	۵۹.۲	۵.۶	۰	۱۵	۰
۱۳۹۸	۲	۱.۲	۱۸.۳	۱۲۳.۶	۱۶	۳۹.۲	۱۴۲.۲	۱۴۱	۴۷.۶	۳۴.۶	۰	۱.۲	۰

شکل ۲. بارندگی ماهانه در حوضه آبریز شهر چای



شکل ۳: نقشه منطقه مورد مطالعه



یافته های تحقیق

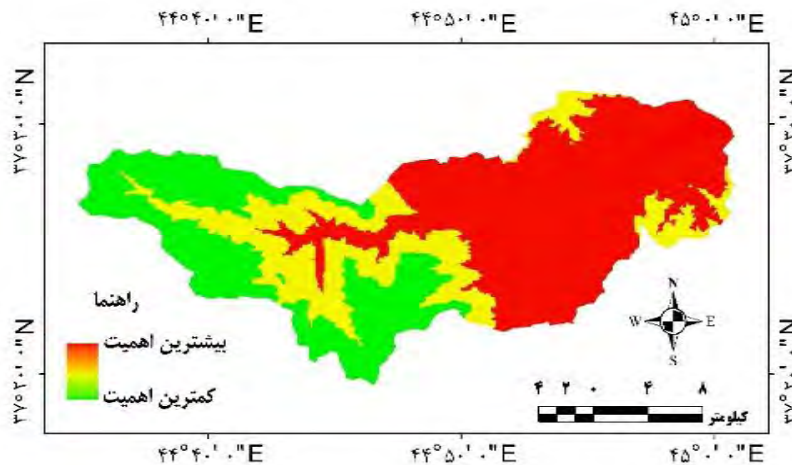
وزن هشت معیار، شیب، تراکم پوشش گیاهی، ارتفاع، بارش، جهت شیب، فاصله از رودخانه، کاربری اراضی و زمین شناسی و زیر معیارهای آن ها با استفاده از مدل Fuzzy ANP در نرم افزار Super Decisions به دست آمد که به ترتیب زیر در جدول شماره ۲ و ۳ ارائه گردیده است.

جدول ۲ وزن نهایی معیارها

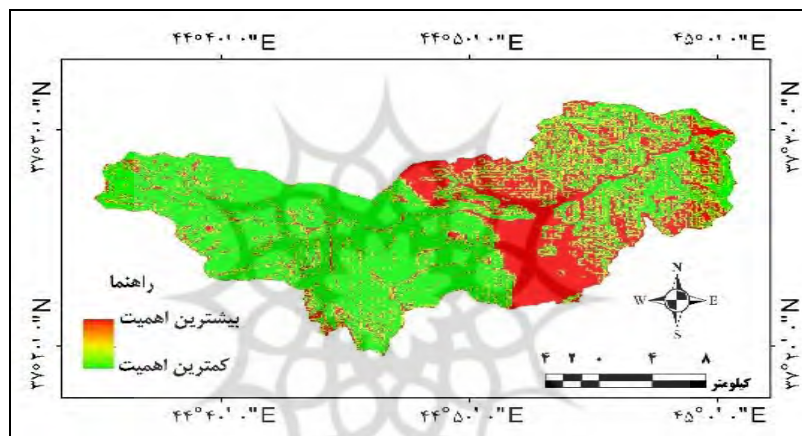
معیار	وزن نهایی
ارتفاع	۰/۰۵۹۳۴
بارش به میلی متر	۰/۴۹۶۶۵
تراکم پوشش گیاهی	۰/۱۷۹۵۶
جهت شیب	۰/۰۳۳۸۳
زمین شناسی	۰/۰۰۹۶۳
شیب به درصد	۰/۰۰۷۳۷
فاصله از رودخانه	۰/۲۰۵۱۶
کاربری اراضی	۰/۰۰۸۵۶

جدول ۳. وزن نهایی زیر معیارها

معیار	زیر معیار	وزن نهایی	معیار	زیر معیار	وزن نهایی
ارتفاع	کمتر از ۵	۰/۰۰۴۵۸۹	شیب به درصد	کمتر از ۱۵۰	۰/۰۳۴۲۲۸
	۵-۱۰	۰/۰۰۱۷۴۶		۱۵۰-۲۰۰	۰/۰۱۲۹۴۴
	۱۰-۱۵	۰/۰۰۰۸۷۳		۲۰۰-۲۵۰	۰/۰۰۶۹۴۷
	۱۵-۲۰	۰/۰۰۰۴۹۹		۲۵۰-۳۰۰	۰/۰۰۳۸۶۲
	بیشتر از ۲۰	۰/۰۰۰۱۷۹		بیشتر از ۳۰۰	۰/۰۰۱۷۹۶
بارش به میلی متر	کمتر از ۵۰	۰/۱۱۷۵۲۸	فاصله از رودخانه	کمتر از ۳۸۰	۰/۰۱۱۷۳۵
	۵۰-۱۵۰	۰/۰۴۷۳۵۲		۳۸۰-۴۰۰	۰/۰۲۶۹۵۳
	۱۵۰-۲۵۰	۰/۰۲۳۴۲۱		۴۰۰-۴۲۰	۰/۰۵۳۱۱۸
	۲۵۰-۳۵۰	۰/۰۱۱۰۲۵		۴۲۰-۴۴۰	۰/۱۲۵۵۶۸
	بیشتر از ۳۵۰	۰/۰۰۵۲۸۱		بیشتر از ۴۴۰	۰/۲۷۶۴۳۶
تراکم پوشش گیاهی	اراضی صخره ای	۰/۰۰۰۲۹۳	کاربری اراضی	کمتر از ۳	۰/۰۰۵۴۴
	باغات آبی	۰/۰۰۲۰۷		۳-۴	۰/۰۰۸۳۴۸
	بستر رودخانه	۰/۰۰۴۶۹۵		۴-۵	۰/۰۱۷۶۹۲
	دیم-مراوع	۰/۰۰۰۵۷۹		۵-۶	۰/۰۴۱۹۷۸
	مناطق مسکونی	۰/۰۰۰۸۷۲		بیشتر از ۶	۰/۱۰۷۳۹۳
جهت شیب	تراسهای جوان و آبرفتی	۰/۰۰۴۴۸۷	زمین شناسی	جنوب شرق	۰/۰۰۴۳۰۵
	سنگ آهک	۰/۰۰۲۶۰۶		جنوب-جنوب غرب	۰/۰۰۳۷۷۴
	سنگ مرمر و گوارتر	۰/۰۰۰۴۲۴		شرق	۰/۰۰۷۶۱۷
	سنگهای دگرگونی	۰/۰۰۰۳۲۶		شمال-شمال شرق	۰/۰۰۱۱۰۳
	ماسه سنگ	۰/۰۰۱۴۶۶		غرب-شمال غرب	۰/۰۱۸۴۷۴



شکل ۴. ارتفاع



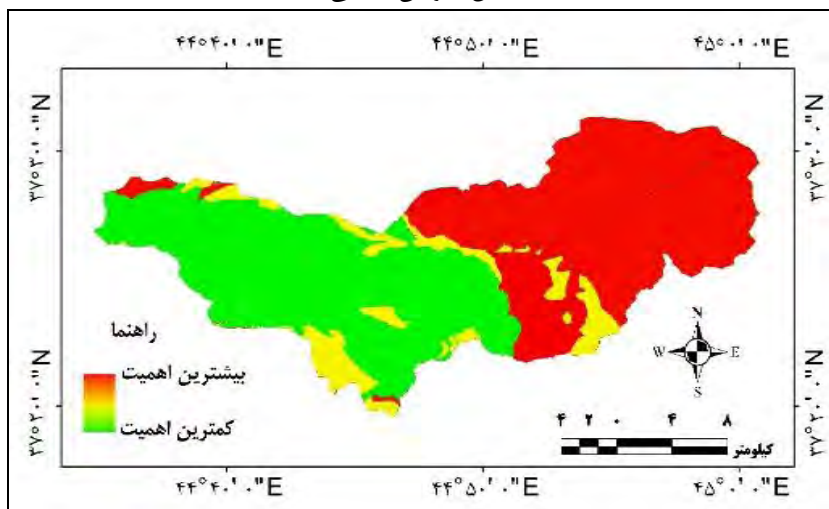
شکل ۵. شیب به درصد

با افزایش شیب عمومی سطح حوضه، فرصت لازم برای نفوذ، کاهش یافته و می توان گفت که با افزایش شیب حوضه، زمان تمرکز کاهش می یابد (Najmaei . 1990 : 17)؛ شیب های زیاد، باعث ایجاد اوج های بالا در آب نمود می شوند (Zahedi, 2008 : 187).

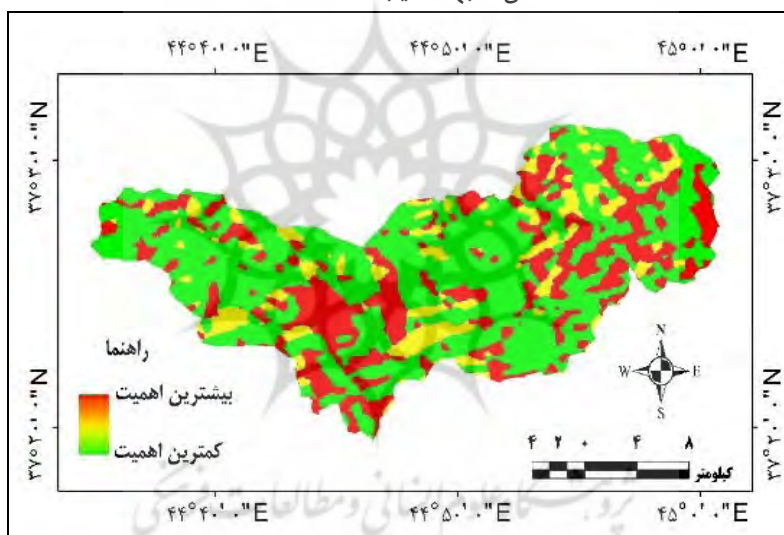
نوع سنگ و پوشش خاک، ظرفیت نفوذ را تحت تأثیر قرار می دهد. خاک یا سنگ قابل نفوذ، شرایط نفوذ آب به داخل زمین را فراهم می کند و تخلیه ی آن را به داخل آبراهه ی اصلی به تأخیر می اندازد؛ از این رو رواناب سطحی کاهش می یابد. حوضه های با سنگ بستر یا خاک به نسبت غیر قابل نفوذ، حجم بالایی از رواناب سطحی ایجاد می کنند (شکل ۶) (Grade, 2006, 21).

عامل جهت شیب از نظر تأثیر آن بر بعضی فرایندهای هیدرولوژیک مانند ذوب برفها و تنوع پوشش گیاهی در حوضه های آبریز حائز اهمیت است (شکل ۷).

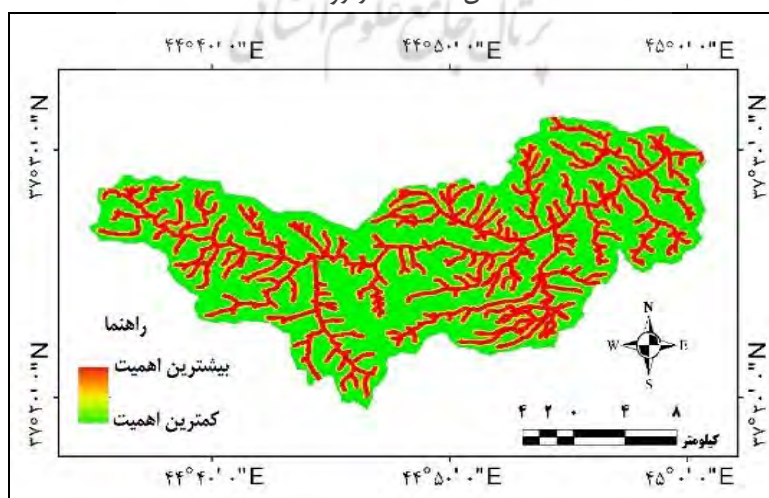
شکل ۶. زمین شناسی



شکل ۷. جهت شیب

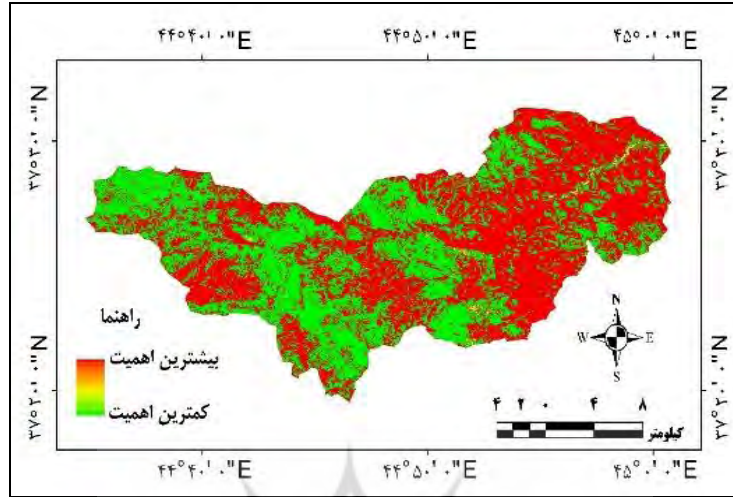


شکل ۸. فاصله از رودخانه



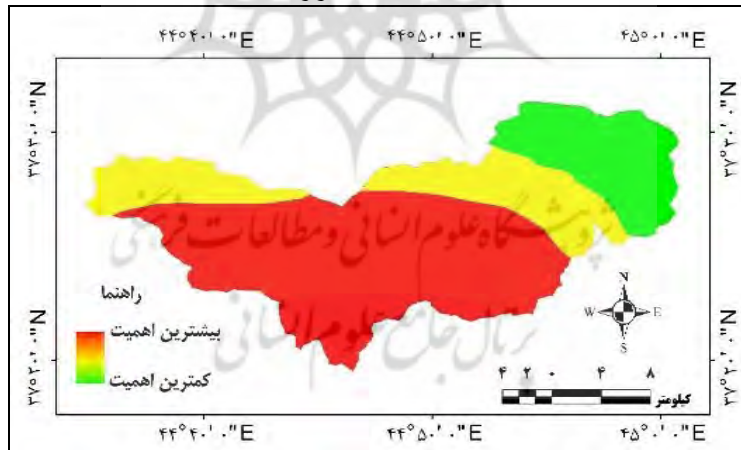
مناطق مسکونی و نیز زمین های کشاورزی که در فاصله کمی نسبت به رودخانه قرار دارند به هنگام سیل بیشتر در معرض خسارت و تخریب قراردارند.

شکل ۹. تراکم پوشش گیاهی



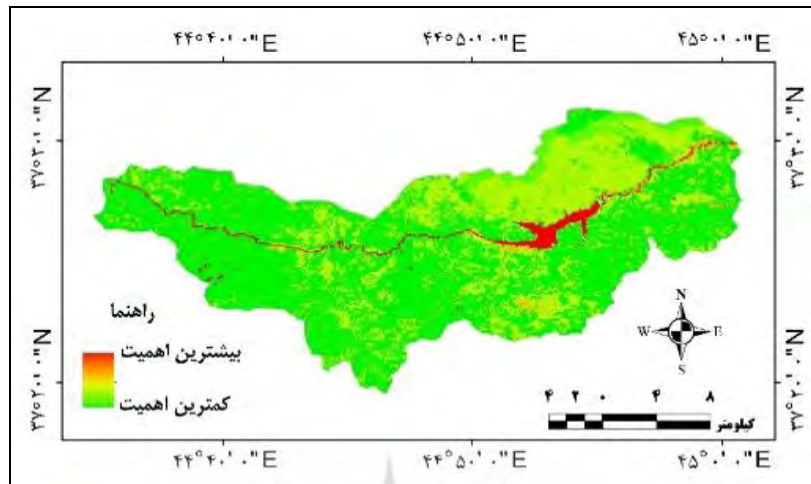
مقدار آب و بار رسوب، پیک های سیلاب و زمان وقوع آنها، و سرعت انتقال پیک جریان، به شدت توسط ماهیت و گسترش پوشش گیاهی تحت تأثیر قرار می گیرد (Grade,23:2006).

شکل ۱۰. بارر

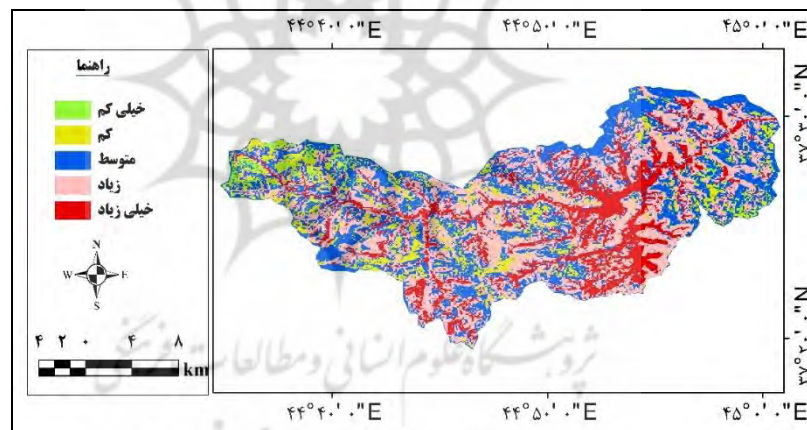


تغییرات کاربری اراضی تاثیر زیادی بر رفتار هیدرولوژیکی حوضه، نظیر کاهش نفوذ عمقی، ایجاد رواناب سطحی و افزایش فرسایش آبی بادی دارد.

شکل ۱۱. کاربری اراضی



شکل ۱۲. نقشه پهنه بندی خطر سیل خیزی در حوضه ی شهرچای ارومیه



جدول ۴. درصد مساحت پهنه های مستعد سیل خیزی

درصد مساحت	مساحت به کیلومتر مربع	طبقه
۱/۶۳	۶/۶۶۳	خیلی کم
۱۰/۴۱	۴۲/۴۵۴	کم
۳۲/۹۴	۱۳۴/۳۲۷	متوسط
۳۷/۳۶	۱۵۲/۳۶۱	زیاد
۱۷/۶۶	۷۱/۹۹۶	خیلی زیاد

هر یک از لایه ها ی تاثیر گذار بر وقوع سیل فازی سازی شده و سپس نقشه پهنه بندی خطر سیل تهیه و نقاط با خطرپذیری خیلی کم تا خیلی زیاد مشخص و مساحت آن ها استخراج شده است.

نتیجه گیری و بحث

در این پژوهش پهنه بندی خطر وقوع سیل در حوضه مورد مطالعه با استفاده از ۸ پارامتر شیب، جهت شیب، بارش، ارتفاع، سنگ شناسی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و فاصله از رودخانه با استفاده از مدل Fuzzy_ANP انجام شد که تحلیل وزن های نهایی منتج از مدل ANP (جدول ۲) نشان می دهد که در ارتباط با خطر وقوع سیلاب به ترتیب عامل بارش با ۰/۴۹۶۶۵ درصد فاصله از رودخانه با ۰/۲۰۵۱۶ و عامل پوشش گیاهی با ۰/۱۷۹۵۶ درصد با توجه به کنترل زیادی که بر میزان و چگونگی تخلیه ی رواناب از سطح حوضه دارند، از بیشترین میزان اهمیت و تأثیر برخوردار هستند (خیری زاده و همکاران در سال ۲۰۱۸، رضایی مقدم و همکارانش در سال نتایج مشابهی را به دست آوردند) و عامل شیب و کاربری اراضی به ترتیب با ۰/۰۰۷۲۷ و ۰/۰۰۸۵۶ درصد کمترین میزان اثر گذاری را دارند. حوضه مورد مطالعه با توجه به مساحت پهنه های مستعد سیل خیزی (جدول ۴) به ۵ کلاس، خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم تقسیم بندی شده است که قسمت های با استعداد سیل خیزی خیلی زیاد و زیاد، به ترتیب ۱۷/۶۶ و ۳۷/۳۶ درصد و قسمت های با استعداد سیل خیزی خیلی کم و کم ۱/۶۳ و ۱۰/۴۱ درصد از مساحت حوضه را به خود اختصاص داده اند. در واقع قسمت جنوب شرقی حوضه با توجه به دریافت مقدار زیادی از بارش و نیز تراکم کم پوشش گیاهی و جنس سازند، بیشترین امکان خطر وقوع سیل را دارد که باید از ساخت و ساز در این مناطق خود داری و با استفاده از طرح های کاربری اراضی و ایجاد پوشش گیاهی مصنوعی خطر وقوع سیل در این مناطق را کاهش داد. پهنه غربی یا نواحی پایین حوضه آبریز به دلیل شاخص پوشش گیاهی (NDVI) بالا و نیز قابلیت نفوذپذیری زیاد به دلیل خاک آبرفتی که متشکل از زمین های کشاورزی است، کمترین احتمال خطر وقوع سیل را دارا هستند.

نتایج این تحقیق می تواند با ایجاد پوشش گیاهی در دامنه های سیل خیز و نقاطی که در معرض خطر سیل قرار دارند و همچنین جلوگیری از احداث منازل مسکونی در مناطق سیل خیز و هدایت آب ناشی از سیلاب به محل های از قبل تعیین شده جهت بهره مندی از آب آن مسئولین را در تصمیم گیری بهتر یاری کند.

منابع

- اسفندیاری درآباد، فریبا؛ بهشتی جاوید، ابراهیم؛ فتحی، محمدحسین. (۱۳۹۳). پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی رودخانه آغلاغانچای با استفاده از مدل هیبریدی CN-AHP، کنفرانس بین المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش ها، تبریز زمستان ۱۳۹۳، صص ۱۲-۱.
- اسکندری نژاد، فاطمه؛ مرتضی اف اکتام، آرتوبلسکی موسی اف. (۱۳۹۳). بررسی پتانسیل سیل خیزی حوضه نمرود و تأثیر آن بر ویژگی های اقتصادی-اجتماعی منطقه و ارائه راهکارهایی جهت مدیریت آن، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۴، دوره ۱، صص ۸۹-۷۵.
- امیدوار، کمال، کیان فر، آمنه، عسکری، شمس الله. (۲۰۱۰). پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی حوضه آبریز کنجانچم. پژوهش های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۲، شماره ۷۲، صص ۷۳-۹۰.
- امیر احمدی، ابوالقاسم؛ شیران، مهناز. (۱۳۸۸). کاربرد مدل HEC-HMS در تحلیل حساسیت متغیرهای ژئومورفولوژی مؤثر بر سیلاب دشت کرون. جغرافیا و توسعه، دوره ۷، شماره ۱۶، صص ۱۵۳-۱۷۳، زاهدان.
- خسروی، خه بات؛ ادريس معروفی نیا، ابراهیم نوحانی و کامران چپی. ۱۳۹۵. ارزیابی کارایی مدل رگرسیون لجستیک در تهیه نقشه حساسیت به وقوع سیل. مجله مرتع و آبخیزداری، ۶۹ (۴): ۸۶۳-۸۷۶.
- خیری زاده، منصور؛ ملکی، منصور؛ عمونیا، جبرئیل. (۲۰۱۸). پهنه بندی پتانسیل خطر وقوع سیلاب در حوضه ی آبریز مردق چای با استفاده از مدل ANP. پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، ۱ (۳)، ۳۹-۵۶.

- راد، مرگان؛ وفاخواه، مهدی؛ غالمعلی فرد، مهدی. ۱۳۹۷. پهنه بندی سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی RAS-HEC در پایین دست حوضه آبخیز خرم آباد. مجله مخاطرات محیط طبیعی، ۷ (۱۶): ۲۲۶-۲۱۱.
- رزمی، جعفر؛ صادق عم لنیک، محمد محسن؛ هاشمی، مهدی. (۱۳۸۷). انتخاب تأمین کننده با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل شبکه ای فازی «نشریه ی دانشکده فنی (دانشگاه تهران)، دوره ۴۲، شماره ۷ صص ۹۳۵-۹۴۶، تهران.
- رضایی مقدم، محمد حسین؛ یاسی، مهدی؛ نیکجو، محمدرضا؛ رحیمی، مسعود. ۱۳۹۷. پهنه بندی و تحلیل مورفولوژیکی سیلابهای رودخانه قره سو با استفاده از مدل هیدرودینامیکی RAS-HEC از روستای پیر از میان تا تالقی رودخانه اهر چای. مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۲۵: ۱۵-۱.
- رضوی، احمد. (۱۳۸۷). اصول تعیین حریم منابع آب، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعت آب و برق، تهران
- زاهدی، مجید. و بیاتی خطیبی، مریم. (۱۳۸۷). هیدرولوژی، چاپ اول، انتشارات سمت، تهران.
- عالم تبریز، اکبر؛ باقرزاده آذر، محمد. (۱۳۸۸). تلفیق ANP فازی و TOPSIS تعدیل شده برای گزینش تأمین کننده راهبردی» پژوهشهای مدیریت، دوره ی ۲، شماره ۳، صص ۱۴۹-۱۸۱، زاهدان.
- عبدی، پرویز و رسولی، مسعود. (۱۳۸۵). گزارش پهنه بندی خطر سیل در حوضه آبخیز زنجان رود، انتشارات مرکزی تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.
- عرب عامری، علیرضا؛ حمیدرضا پورقاسمی و کوروش شیرانی. ۱۳۹۵. پهنه بندی حساسیت سیل گیری با استفاده از روش ترکیبی نوین تئوری بیژین - فرایند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز نکا-استان مازندران). اکوهیدرولوژی، ۴ (۲): ۴۴۷-۴۶۲.
- قنواتی، عزت اله. کرم، امیر. علیخانی، مرضیه. (۱۳۹۰). کارایی روش تحلیل سلسله مراتبی در مطالعات سیل خیزی. جغرافیا، نشریه علمی - پژوهشی انجمن جغرافیایی ایران. شماره ۳۱، صص ۲۵۵-۲۷۵
- مؤمنی، منصور. و شریفی سلیم، علیرضا. (۱۳۹۰). مدلها و نرم افزارهای تصمیم گیری چند شاخصه، چاپ اول، نشر مؤلفین، تهران.
- نجفی، اسد الله. (۱۳۸۹). به کارگیری فرآیند تحلیل شبکه ای (ANP) در تحلیل چالش های ساختاری و محیط اجرایی سازمان در مدیریت پروژه ها، نشریه ی بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، جلد ۲۱، شماره ی ۱، صص-۶۳-۷۶.
- نجمایی، محمد. (۱۳۶۹). هیدرولوژی مهندسی، ج دوم، چاپ دوم، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران
- Baldassarre, G.Di., Guy, S., Paul, D.B., 2009. **A technique for the calibration of hydrolic models using uncertain satellite observation of flood extent.** Journal of Hydrology, 367, 276-282.
- Bout, B. Jetten, V. 2018. **The validity of flow approximations when simulating catchment-integrated flash floods.** Journal of Hydrology, 556, 674-688.
- Feng, G., & Hu, X. (2011). **Analysis of Lightning Characteristics in a Thunderstorm with Gust.** *Procedia Earth and Planetary Science*, 2, 205-211.
- Garde, R. J., 2006, **River Morphology, Published by New Age International (P) Ltd., Publishers, New Delhi.**
- Haq, M., Akhtar, M., Muhammad, S., Paras, S., Rahmatullah, J., (2012), "**Techniques of remote sensing and GIS for flood monitoring and damage assessment: a case study of Sindh province, Pakistan**", *Egypt. J. Rem. Sens. Space Sci*, 15: 135-141.

- Khalfallah. C. Ben, Saidi, S. 2018. **Spatiotemporal floodplain mapping and prediction using HEC-RAS - GIS tools: Case of the Mejerda River, Tunisia.** Journal of African sciences, 142:44-51.
- Liang, S., and C.R.C. Mohanty, 1997. **Optimization of GIS-Based Flood Hazard Zoning- A Case Study at the Mahanady Command Area in Cuttack District, Orrisa, India.** Journal of Chinese Soil and Water Conservation 28(1), PP.11-20.
- Loczy, D. et al., 2009, **Local Flood Hazards Assessed from Channe Morphometry along the Tisza River in Hungary,** Geomorphology, No. 113, PP. 200-209.1
- Pilip, G., Oguntunde, A., Jan, F., A., Nick, V. G., Hubert, H. G., (2006), **Hydro climatology of the Volta River Basin in West Africa: Trends and variability from 1901to 2002,** Journal Physics and Chemistry of the Earth, 31: 1180-1188.
- Samanta, S. Pal, D. K., & Palsamanta, B. (2018). **Flood susceptibility analysis through remote sensing, GIS and frequency ratio model.** *Applied Water Science*, 8(2), 66.
- Schober, B. Hauer, C. Habersack, H. 2015. **A novel assessment of the role of Danube floodplains in flood hazard reduction (FEM method).** Net Hazards, 75:33–50.
- Stephan, R., (2002), **Hydrologic investigation by the U.S Geological survey following the 1996 and 1997 floods in the Upper Yellowstone River, Montana** American Recourses Association, Annual Montana Section Meeting, Section one, pp 1-18.
- Tehrany, MS. Pradhan, B. Jebur, MN. 2014. **Flood susceptibility mapping using a novel ensemble weights-ofevidence and support vector machine models in GIS.** Journal Hydrology, 512: 332–343.
- Wang, Y. Hong, H. Chen, W. Li, S. Paaaaa r, .. ,L. aaa ,, .. . **A Hybrid GIS Multi-Criteria DecisionMaking Method for Flood Susceptibility Mapping et Shangyou, China.** Remote Sensing, 11(1), 62. doi:10. 3390/rs11010062
- Wohl, E. E.,2000, **Inland Flood Hazards (Human, Riparian, and Aquatic Communities).**Cambridge University Press, Cambridge.