

## ارزیابی مخاطرات توسعه سکونتگاه‌های شهر کابل به سمت مناطق مستعد سیلاب

رضا جعفری

دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران

سیدموسی حسینی\*

دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران

سیدمحمد زمان‌زاده

دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده زمین‌شناسی دانشکده‌گان علوم دانشگاه تهران

ابراهیم مقیمی

استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران

منصور جعفر بگلو

دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت مقاله ۱۴۰۰/۶/۱۰ - تاریخ پذیرش ۱۴۰۰/۷/۱۴)

### چکیده

در این پژوهش به ارزیابی مناطق مستعد وقوع سیلاب و نیز بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی توسعه نواحی سکونتگاهی شهر کابل به سمت مناطق سیل‌گیر پرداخته شد. به منظور دستیابی به اهداف مورد نظر از تصاویر ماهواره‌ای لندست، مدل رقومی ارتفاعی با قدرت تفکیک ۱۲/۵ متر SRTM، نقشه‌های زمین‌شناسی و فاکتورهای آب‌وهوایی منطقه به‌عنوان داده‌های اولیه پژوهش استفاده شد. ابزارهای مهم تحقیق نرم‌افزارهای ArcGIS و IDRISI و مدل‌های به‌کاررفته در تحقیق نیز شامل تلفیق منطق AHP-Fuzzy و مدل LCM بود. این تحقیق در دو مرحله کلی انجام گرفت. در مرحله اول، مناطق مستعد وقوع سیلاب با در نظر گرفتن لایه‌های اطلاعاتی مؤثر، شناسایی شد. در مرحله دوم، روند توسعه نواحی سکونتگاهی شهری به سمت مناطق مستعد سیل‌گیر در طی ۳۰ سال اخیر (۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰) ارزیابی شد. نتایج پژوهش نشان داد که شهر کابل پتانسیل سیل‌گیری زیادی دارد، به طوری که ۴۹۵ کیلومتر مربع (۳۶ درصد) از محدوده شهری و حاشیه شهری کابل دارای پتانسیل سیل‌گیری زیاد و خیلی زیاد تشخیص داده شد که اغلب شامل مناطق غربی، شرقی و جنوب شرقی شهر است. نتایج ارزیابی روند پیشروی نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مستعد سیل‌گیر نیز بیانگر این است که ۸۴ کیلومتر مربع (۲۴/۵ درصد) از محدوده شهری کابل در معرض وقوع سیلاب قرار دارد. مدیران و تصمیم‌سازان شهری می‌توانند از نتایج این پژوهش به‌عنوان نقشه راه به‌منظور مدیریت مخاطرات ناشی از بروز سیلاب در محدوده شهری کابل بهره‌گیرند و سیاست‌های لازم را به‌منظور توسعه فیزیکی شهر با توجه به رعایت حریم سیل‌گیر رودخانه به سمت نواحی کم‌مخاطره‌تر اتخاذ کنند.

**واژه‌های کلیدی:** پهنه‌های سیلاب، توسعه شهری، شهر کابل، مخاطرات محیطی.

### مقدمه

با افزایش جمعیت و رشد شهرنشینی، گسترش نواحی سکونتگاهی روند رو به رشدی داشته است. این گسترش سبب افزایش حرکت نقاط جمعیتی و بدون برنامه نواحی شهری به سمت مناطق مخاطره‌آمیز شده است که ممکن است خطرهای زیادی در پی داشته باشد [۸،۱۱]. این عامل سبب شده تا بسیاری از نواحی شهری در معرض وقوع مخاطره سیلاب بوده و افزون‌بر خسارت مالی سنگین، با خسارات جانی نیز مواجه باشند [۱۰]. با توجه به موارد یادشده، تدوین برنامه‌های جامع با هدف مهار، کنترل و بهره‌برداری بهینه با اعمال اقدامات مدیریتی، انواع اقدامات مدیریتی مانند آبخیزداری و مدیریت کاربری اراضی، مدیریت مسیر رودخانه‌ها، شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب، کنترل حرکت نواحی سکونتگاهی به سمت حریم رودخانه‌ها در کاهش وقوع سیلاب و کنترل آن مؤثر خواهد بود [۶].

یکی از مناطقی که در طی سال‌های اخیر با روند افزایشی جمعیت مواجه شده، شهر کابل پایتخت افغانستان بوده است. موقعیت سیاسی و اجتماعی کابل سبب شده است تا در سال‌های اخیر با رشد جمعیتی زیادی مواجه شود، به طوری که طی ۲۰ سال اخیر، جمعیت شهر کابل دوبرابر شده است. به همین دلیل این شهر به موازات رشد جمعیت، با توسعه فیزیکی چشمگیری نیز همراه بوده است [۲۱]. کابل به دلیل احاطه شدن با واحد کوهستان از اطراف، داشتن حوضه آبریز وسیع در بالادست و همچنین قرار گرفتن در دشت سیلابی، پتانسیل زیادی از نظر آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات محیطی به‌ویژه سیلاب دارد توسعه فیزیکی بدون برنامه، ممکن است سبب تشدید خسارات ناشی از مخاطرات طبیعی به خصوص سیلاب در این شهر شود. توسعه فیزیکی شهر کابل در طی سال‌های اخیر بدون توجه به اصول ژئومورفولوژی صورت گرفته است. نوآوری تحقیق حاضر این است که افزون‌بر شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب، روند توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت این مناطق نیز ارزیابی شده است.

با توجه به اهمیت موضوع، در این زمینه تحقیقات مختلفی صورت گرفته است. فرناندز و لوتز (۲۰۱۰) با استفاده از پنج لایه اطلاعاتی شامل فاصله از رودخانه، کاربری اراضی، ارتفاع، شیب و عمق کانال، به پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در شهر توکومان<sup>۱</sup> آرژانتین پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که مناطق جنوبی شهر توکومان، پتانسیل سیل‌خیزی زیادی دارد [۱۶]. تهرانی و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) به تعیین مناطق مستعد وقوع سیلاب در سند پاکستان پرداختند و در نهایت نقشه مناطق مستعد وقوع سیلاب در سند پاکستان

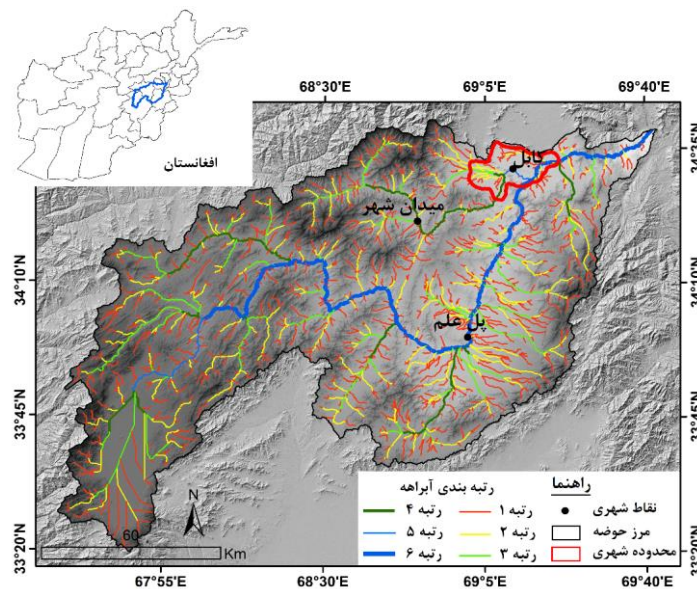
را تهیه کردند [۲۴]. یوسف و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از مدل‌های آماری دومتغیره و چندمتغیره به ارزیابی حساسیت سیلاب ناگهانی در شهر جده (عربستان سعودی) پرداختند [۲۵]. لی (۲۰۱۵) با استفاده از مدل نسبت فرکانس و مدل رگرسیون لجستیک به تجزیه و تحلیل آسیب‌پذیری سیلاب‌های ناگهانی در شهرهای سنول و بوسان کره جنوبی پرداخت [۲۰]. حق‌زاده و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از مدل آنترپوی شانون به پیش‌بینی مناطق وقوع سیلاب در حوضه گران‌رود پرداختند [۱۸]. کیانگ و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از روش‌های آماری تغییرات جمعیتی شهرهای آمریکا در نواحی سیل‌خیز را در طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ ارزیابی کردند. نتایج تحقیق نشان داد که شهرهای نیویورک و میامی نسبت به دیگر شهرها، توسعه بیشتری به سمت مناطق سیل‌خیز داشته‌اند [۲۲]. بورنان و همکاران (۲۰۱۹) به ارزیابی مخاطره سیل در شهر کنستانتین<sup>۱</sup> الجزایر پرداختند و در نهایت نقشه نواحی در معرض مخاطره سیلاب را تهیه کردند که در برنامه‌ریزی‌های آبی برای این شهر می‌توان از آن استفاده کرد [۱۵].

در ایران نیز مقیمی و صفاری (۱۳۸۹) به ارزیابی ژئومورفولوژیکی توسعه شهری در قلمرو حوضه‌های زهکشی سطحی شهر تهران پرداختند [۱۲]. حسینی و همکاران (۱۳۹۴) به تعیین پهنه‌های سیل‌گیر در رود کشکان پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که از کل مساحت سیل‌گیر مربوط به دوره بازگشت ۱۰۰۰ ساله، ۷۷ درصد آن مستعد سیل‌گیری با دوره‌های بازگشت کوتاه‌مدت (۲۵ ساله) است [۲]. فنواتی و همکاران (۱۳۹۸) به جانمایی پهنه‌های مستعد وقوع سیلاب در حوضه آبخیز قمرود پرداختند. نتایج نهایی بیانگر این است که حدود ۵۲ درصد از محدوده، دارای پتانسیل خیلی زیاد و زیاد برای ذخیره سیلاب است [۷]. آبی‌ل و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از مدل تلفیقی منطق فازی و AHP، مناطق بالقوه در معرض مخاطره سیلاب شهری در شهر زاهدان را تحلیل کردند [۱]. نگهبان و همکاران (۱۳۹۸) روند توسعه فیزیکی شهر سنندج به سمت مناطق مخاطره‌آفرین را ارزیابی کردند [۱۳]. غلامی و احمدی (۱۳۹۸) به ریزپهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر لامرد پرداختند. [۵]. بررسی تحقیقات صورت‌گرفته در محدوده مطالعاتی بیانگر این است که در مورد رودخانه کابل و وضعیت سیل‌خیزی آن تحقیقاتی صورت گرفت است که از جمله آنها می‌توان به پژوهش خاتاک و همکاران (۲۰۱۶) اشاره کرد که نقشه سیل‌خیزی حوضه رودخانه کابل را با استفاده مدل از HEC-RAS تهیه کردند. در این تحقیق حداکثر دبی برای دوره‌های بازگشت مختلف ۱۰ تا ۱۰۰۰ سال با استفاده از شاخص‌های توزیع گامبل، لوگ نرمال و لوگ پیرسون محاسبه شد [۱۹]. ماناوی و همکاران (۲۰۲۰) نیز نقش تغییرات کاربری اراضی در سیل‌خیزی مناطق شمالی کابل را ارزیابی

کردند [۲۱]. در این تحقیق افزون بر ارزیابی مناطق مستعد وقوع سیلاب و همچنین عوامل مؤثر در تشدید آن، روند توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب و همچنین مناطق مستعد برای توسعه سکونتگاهی در سال‌های آتی ارزیابی خواهد شد.

### محدوده پژوهش

تحقیق حاضر شامل حوضه آبریز کابل است. در این تحقیق نقطه خروجی آن در مناطق شرقی کابل در نظر گرفته شده است. این حوضه در شرق افغانستان و از نظر سیاسی در بین استان‌های کابل، وردک، غزنی و لوگر قرار دارد. مهم‌ترین شهر این حوضه، کابل است. از نظر ژئومورفولوژی، بخش‌های غربی حوضه را عمدتاً واحد کوهستان و مناطق پرشیب در بر گرفته است و مناطق شرقی حوضه نیز اغلب شامل واحد دشت است [۹]. از نظر آب‌وهوایی نیز این منطقه دارای تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد و مرطوب است، به طوری که میانگین دمای تابستان کابل حدود ۳۲ درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای زمستان آن حدود ۵- درجه سانتی‌گراد است. در شکل ۱ نقشه موقعیت منطقه و همچنین رتبه‌بندی آبراهه (براساس نظر استرهلر) در حوضه آبریز کابل نشان داده شده است. براساس این نقشه، رودخانه رتبه ۶ که از تلاقی همه آبراهه‌های حوضه شکل گرفته است، از شهر کابل عبور می‌کند.



شکل ۱. نقشه موقعیت شهر کابل در حوضه آبریز کابل رود

## روش‌های تحقیق

این تحقیق در چند مرحله انجام گرفت که در ادامه تشریح شده‌اند:

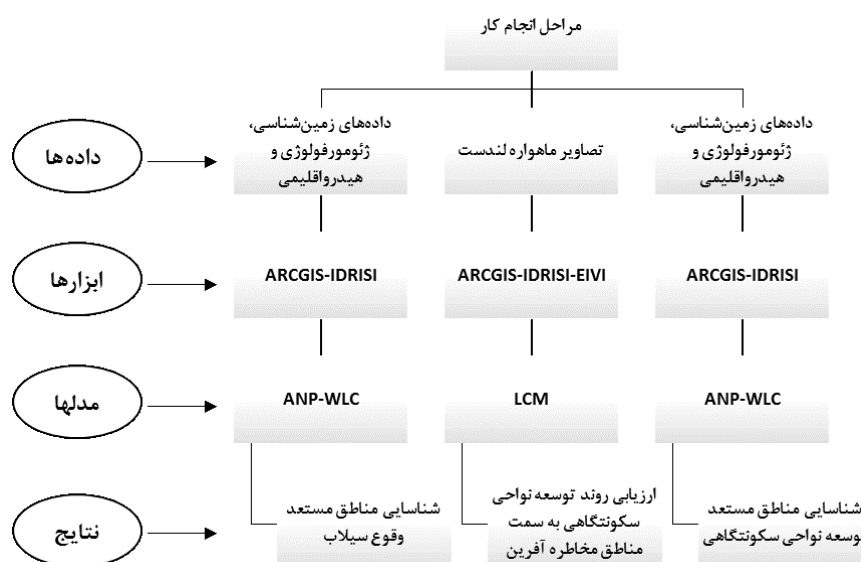
**مرحله اول (شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب):** در این مرحله، به منظور شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب از هشت شاخص شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از رودخانه، بارش، تجمعی جریان، لیتولوژی و کاربری اراضی استفاده شد. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی، به منظور پهنه‌بندی نهایی، لایه‌های تهیه‌شده فازی‌سازی شد. سپس با استفاده از نظر کارشناسان و مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP)، به لایه‌های اطلاعاتی وزن داده شد. وزن به‌دست‌آمده بر روی لایه‌ها اعمال شد و در نهایت لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از عملگر گامای فازی با هم ترکیب شدند و به این صورت، نقشه نهایی مناطق مستعد وقوع سیلاب تهیه شد.

**مرحله دوم (تهیه نقشه‌های کاربری اراضی):** در این تحقیق به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی محدوده تحقیق در طی دوره‌های زمانی مطالعه‌شده، از تصاویر ماهواره لندست استفاده شد. تصاویر ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ بود (به منظور قابل مقایسه بودن کاربری‌های اراضی، همه تصاویر مورد نظر مربوط به ماه جولای است). برای تهیه نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ از تصاویر ماهواره لندست ۵، برای تهیه نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۰ از تصاویر ماهواره لندست ۷ و برای تهیه نقشه کاربری اراضی سال‌های ۲۰۲۰ از تصاویر ماهواره لندست ۸ استفاده شد. قبل از تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، به منظور افزایش دقت کار، پیش‌پردازش‌های لازم روی تصاویر اعمال شد. به‌طور کلی پیش‌پردازش داده‌ها شامل دو مرحله کلی تصحیحات رادیومتریک و تصحیحات هندسی است [۱۳]. پس از پیش‌پردازش تصاویر، نمونه‌های تعلیمی برای محدوده مطالعاتی در پنج کلاس نواحی سکونتگاهی، اراضی کشاورزی، اراضی بایر، مراتع و پهنه آبی تعریف شد. نمونه‌های تعلیمی پس از تعریف به شیوه رقومی کردن روی صفحه تولید و تفکیک شدند. با تعیین نمونه‌های تعلیمی با استفاده از روش حداکثر احتمال، نقشه‌های کاربری اراضی محدوده تحت مطالعه سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ تهیه شد. در جدول ۱ مشخصات تصاویر و میزان دقت نقشه‌های کاربری اراضی نشان داده شده است.

جدول ۱. مشخصات تصاویر استفاده‌شده

ردیف	تاریخ	ماهواره	سنجنده	صحت کلی	ضریب کاپا
۱	۱۹۹۰/۰۷/۰۲	لندست ۵	TM	۹۱	۰/۸۸
۳	۲۰۰۰/۰۷/۱۳	لندست ۵	TM	۹۳	۰/۹۰
۵	۲۰۱۰/۰۷/۰۱	لندست ۷	ETM	۹۳	۰/۹۱
۷	۲۰۲۰/۰۷/۰۴	لندست ۸	OLI	۹۴	۰/۹۳

مرحله سوم (آنالیز تغییرات کاربری اراضی): در این پژوهش به منظور آنالیز تغییرات کاربری اراضی از مدل<sup>۱</sup> LCM استفاده شد. به این صورت که نقشه‌های کاربری اراضی، وارد نرم‌افزار IDRISI شدند و سپس تغییرات صورت گرفته تجزیه و تحلیل شد. با توجه به اینکه در این پژوهش تغییرات کاربری نواحی سکونتگاهی مدنظر است، روند تغییرات کاربری‌های دیگر به کاربری نواحی سکونتگاهی در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ ارزیابی شد. پس از آنالیز تغییرات کاربری نواحی سکونتگاهی، روند تغییرات این کاربری به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب ارزیابی شده و سپس با استفاده از مدل LCM، روند تغییرات برای سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی شد. در شکل ۲ نمودار گردش مراحل تحقیق نشان داده شده است.



شکل ۲. نمودار گردش مراحل مربوط به داده‌ها، ابزارها، مدل‌ها و روش‌های استفاده‌شده در تحقیق

## بحث و نتایج

### پتانسیل سنجی مناطق مستعد وقوع سیلاب در محدوده شهری کابل

#### الف) بررسی شاخص‌های مؤثر

به منظور شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب در محدوده شهری کابل نیز از هشت پارامتر استفاده شد. در ادامه به تشریح وضعیت این پارامترها در محدوده شهری کابل پرداخته شد:

1 . Land change modeler

**- پارامترهای ژئومورفولوژی:** محدوده شهری کابل بین ارتفاع ۱۷۰۰ تا ۳۱۹۲ متری از سطح دریا قرار دارد. بررسی وضعیت طبقات ارتفاعی شهر کابل بیانگر این است که بخش زیادی از محدوده شهر در طبقه ارتفاعی کمتر از ۱۹۰۰ متر قرار دارد. به طور کلی ارتفاع محدوده شهری کابل از غرب به شرق کاهش می‌یابد، بر این اساس مناطق شرقی کابل پتانسیل سیل‌گیری بیشتری دارند. بررسی وضعیت شیب شهر کابل بیانگر این است که بخش زیادی از محدوده شهر در طبقات شیب کمتر از ۱۰ درصد قرار گرفته است. بررسی نقشه مذکور نشان می‌دهد که شهر کابل از اطراف به دامنه‌های پرشیب منتهی می‌شود و به صورت کلی مناطق جنوبی و غربی این شهر به دلیل شیب بیشتر، کمتر در معرض مخاطره سیلاب قرار دارند. همچنین با توجه به اینکه شهر کابل در جهت‌های مختلف توسط واحد کوهستان احاطه شده، محدوده شهر در جهت‌های شیب مختلفی توسعه یافته است. بررسی وضعیت جهت‌های شیب منطقه بیانگر این است که جهت‌های شیب جنوبی و شمالی، بخش زیادی از محدوده شهر را در بر گرفته‌اند.

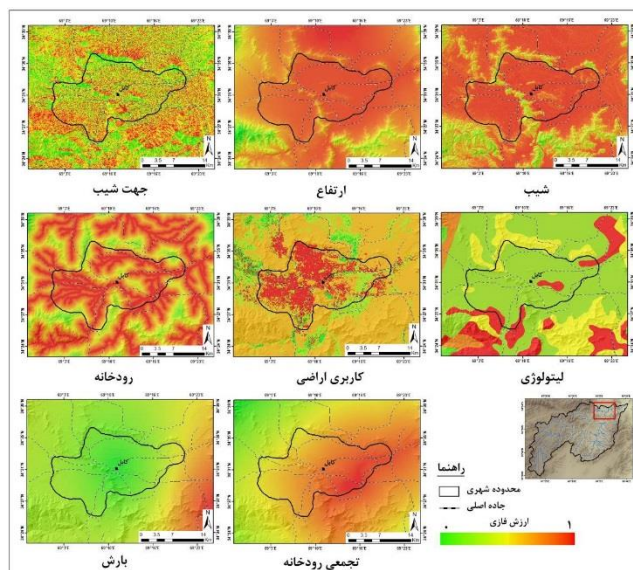
**- پارامترهای هیدرواقليمی:** در این پژوهش از پارامترهای فاصله از رودخانه، بارش و تجمعی جریان رودخانه به عنوان عوامل مؤثر استفاده شد. قرار گرفتن شهر کابل در مناطق نزدیک به خروجی حوضه سبب شده است که رودخانه‌های منتهی به شهر دبی زیادی داشته باشند که این مسئله سبب تشدید وضعیت سیل‌گیری این شهر شده است. بررسی وضعیت شبکه زهکشی منطقه بیانگر این است که بخش‌های زیادی از شهر کابل در فاصله کمتر از ۱ کیلومتری از رودخانه قرار دارند که با توجه به شیب کم محدوده شهری کابل، این مناطق پتانسیل سیل‌گیری زیادی دارند. رودخانه کابل به دلیل اینکه رودخانه اصلی حوضه آبریز کابل است، دارای جریان تجمعی بیشتری از دیگر رودخانه‌های منطقه است و به همین دلیل، دبی جریان بیشتر و در نتیجه پتانسیل سیل‌گیری بیشتری دارد. بررسی وضعیت تجمعی رودخانه‌های منطقه بیانگر این است که مناطق غربی شهر کابل دارای بیشترین میزان تجمعی جریان رودخانه است. بنابراین از نظر شاخص بارش، مناطق غربی محدوده شهری کابل پتانسیل سیل‌گیری بیشتری دارند.

**- پارامترهای پوشش زمین:** کاربری‌های اراضی اثر مهمی در افزایش پتانسیل سیل‌گیری مناطق دارند. بررسی وضعیت کاربری اراضی منطقه بیانگر این است که کاربری سکونتگاهی بخش‌های زیادی از مناطق اطراف رودخانه‌ها را در بر گرفته است که با توجه به پتانسیل زیاد این کاربری برای وقوع سیلاب، به این کاربری بیشترین امتیاز داده شده است. همچنین نقشه مذکور بیانگر این است که بخش‌های زیادی از محدوده را مراتع و اراضی بایر در بر گرفته است که پوشش گیاهی کم این کاربری‌ها سبب افزایش پتانسیل سیل‌گیری منطقه شده است. نوع

لیتولوژی نیز اثر مهمی در میزان نفوذپذیری و رواناب دارد. بررسی وضعیت لیتولوژی محدوده شهری کابل بیانگر این است که بخش‌هایی از منطقه را مناطق دارای لیتولوژی آندزیت و بازالت در بر گرفته است که نفوذپذیری کم و پتانسیل رواناب زیادی دارند. همچنین بخش زیادی از منطقه را که منطبق بر واحد دشت است رسوبات آبرفتی در بر گرفته است که نسبت به آندزیت و بازالت، نفوذپذیری بیشتری دارند.

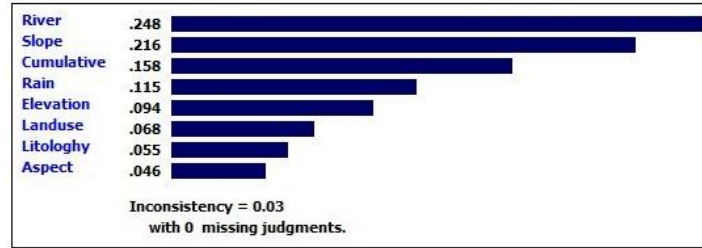
### ب) فازی‌سازی و وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی

پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی، لایه‌ها فازی‌سازی شدند که در شکل ۳ نشان داده شده است. براساس نقشه مذکور، به مناطق دارای ارتفاع و شیب کم، نزدیک به رودخانه، جهت‌های شمالی، نزدیک به رودخانه، کاربری سکونتگاهی، لیتولوژی نفوذناپذیر، بارش و تجمعی جریان بیشتر، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق دارای ارتفاع و شیب زیاد، جهت‌های جنوبی، دور از رودخانه، کاربری کشاورزی، لیتولوژی نفوذپذیر، بارش و تجمعی جریان کم، ارزش نزدیک به صفر داده شد. لایه‌های اطلاعاتی پس از فازی‌سازی، بر مبنای نظر کارشناسان (پنج متخصص ژئومورفولوژی از دانشگاه‌های تهران و کابل) وزن‌دهی شدند که در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۳. نقشه فازی‌سازی شده لایه‌های اطلاعاتی

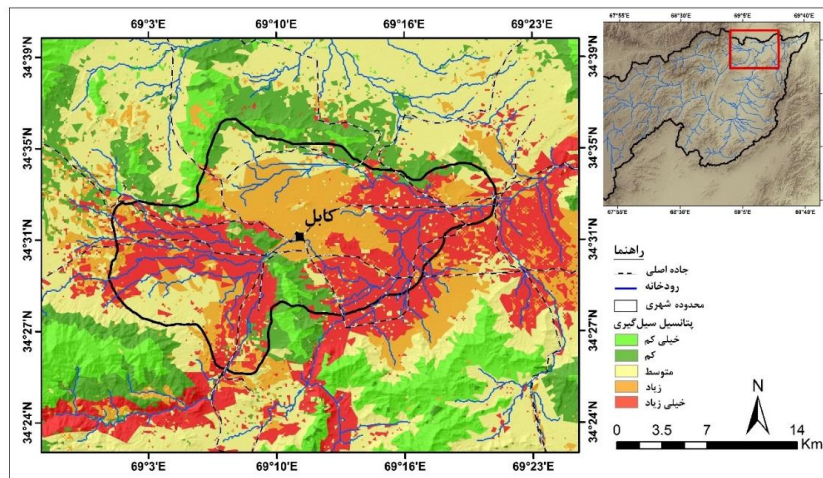




شکل ۴. وزن لایه‌های اطلاعاتی براساس مدل AHP

### ج) ترکیب لایه‌های اطلاعاتی

لایه‌های اطلاعاتی پس از فازی‌سازی وارد نرم‌افزار IDRISI شدند و سپس وزن به‌دست‌آمده از طریق مدل AHP روی لایه‌ها اعمال شد و در نهایت این لایه‌ها با هم ترکیب شده و نقشه نهایی مناطق مستعد وقوع سیلاب تهیه شد (شکل ۵). براساس نقشه نهایی، بخش‌های زیادی از محدوده شهری کابل در طبقه پتانسیل سیل‌گیری خیلی زیاد قرار دارد.



شکل ۵. نقشه پتانسیل بخش‌های سیل‌گیر محدوده شهری کابل

در جدول ۲ و شکل ۶، مساحت و درصد مساحت طبقات نشان داده شده است. براساس نتایج، ۴۹۵ کیلومتر مربع معادل ۳۵/۹ درصد از مساحت محدوده در طبقه با پتانسیل زیاد و خیلی زیاد قرار دارد. این بخش‌ها بیشتر شامل مناطق با شیب و ارتفاع کم و همچنین مناطق نزدیک به رودخانه است.

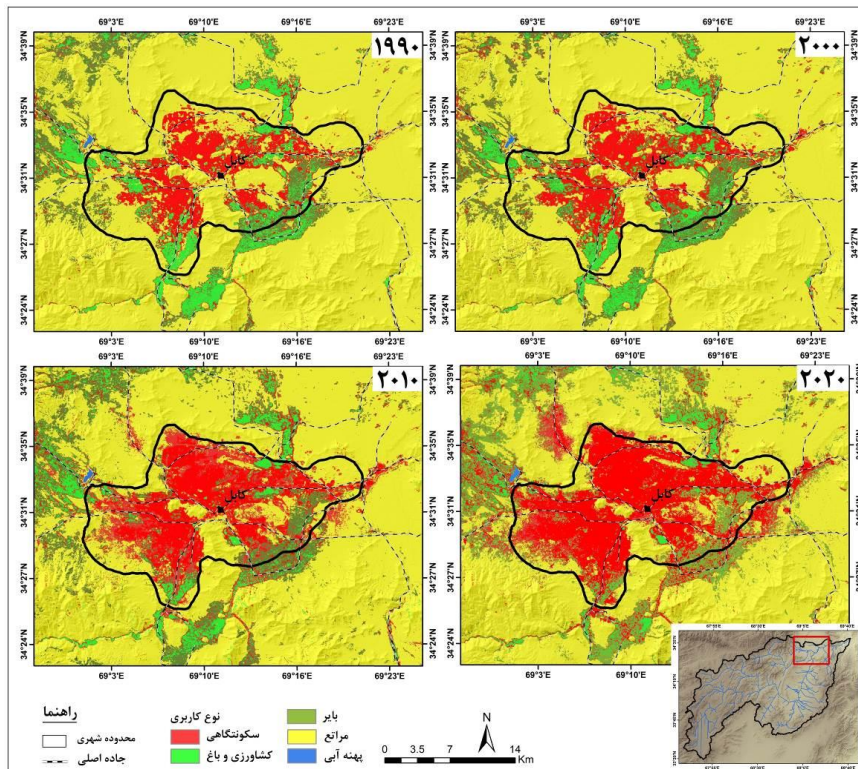
جدول ۲. مساحت و درصد مساحت طبقات

پتانسیل سیل‌گیری	مساحت	درصد مساحت
خیلی کم	۱۷۴	۱۲/۶
کم	۱۹۵	۱۴/۱
متوسط	۵۱۵	۳۷/۳
زیاد	۱۹۷	۱۴/۳
خیلی زیاد	۲۹۸	۲۱/۶

### ارزیابی روند توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب

#### الف) تهیه نقشه‌های کاربری اراضی

بررسی وضعیت تغییرات کاربری اراضی منطقه بیانگر این است که این کاربری‌ها با تغییرات زیادی مواجه شده است (شکل ۶). براساس نتایج (جدول ۳)، وسعت کاربری نواحی سکونتگاهی در سال ۱۹۹۰، ۱۳۰/۳ کیلومتر مربع بود که در سال ۲۰۰۰ به ۱۴۷/۴ کیلومتر مربع، در سال ۲۰۱۰ به ۱۸۲/۹ کیلومتر مربع و در سال ۲۰۲۰ به ۲۰۵/۱ کیلومتر مربع افزایش یافت. تغییرات کاربری نواحی سکونتگاهی بیانگر این است که این کاربری در طی دوره ۳۰ ساله حدود ۷۵ کیلومتر مربع افزایش داشته است. برخلاف کاربری نواحی سکونتگاهی، کاربری اراضی کشاورزی روند کاهشی داشته، به طوری که در سال ۱۹۹۰ مساحت کاربری اراضی کشاورزی ۷۷/۲ کیلومتر مربع بود که این میزان در سال ۲۰۰۰ به ۸۷/۲، در سال ۲۰۱۰ به ۶۷/۸ و در سال ۲۰۲۰ به ۴۹/۵ کیلومتر مربع کاهش یافت. دلیل اصلی کاهش مساحت کاربری اراضی کشاورزی، توسعه نواحی سکونتگاهی است. کاربری اراضی بایر نیز در دوره زمانی مدنظر با تغییرات زیادی مواجه شد. اراضی بایر در کنار توسعه نواحی سکونتگاهی، تحت تأثیر شرایط اقلیمی منطقه نیز قرار داشت. در سال ۱۹۹۰ این کاربری ۱۲۳/۳ کیلومتر مربع وسعت داشت که در سال ۲۰۰۰ به ۱۳۷/۷ کیلومتر مربع، در سال ۲۰۱۰ به ۱۶۶/۶ کیلومتر مربع و در سال ۲۰۲۰ به ۲۴۴/۴ کیلومتر مربع افزایش یافت. کاربری مراتع نیز تحت تأثیر روند افزایشی نواحی سکونتگاهی و تغییرات اقلیمی بود و در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰، روند کاهشی داشت، به طوری که این کاربری در سال ۱۹۹۰، ۱۰۵۲/۹ کیلومتر مربع وسعت داشت که در سال ۲۰۰۰ به ۱۰۱۱/۴ کیلومتر مربع، در سال ۲۰۱۰ به ۹۶۶/۳ کیلومتر مربع و در سال ۲۰۲۰ به ۸۸۴/۵ کیلومتر مربع کاهش یافت. کاربری پهنه آبی مربوط به دریاچه پشت سد قرغه است که در طی سال‌های تحت مطالعه با تغییرات چندانی مواجه نبوده است.



شکل ۶. نقشه کاربری‌های اراضی منطقه پژوهش در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰

جدول ۳. مساحت کاربری‌های اراضی منطقه پژوهش از سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ (کیلومتر مربع)

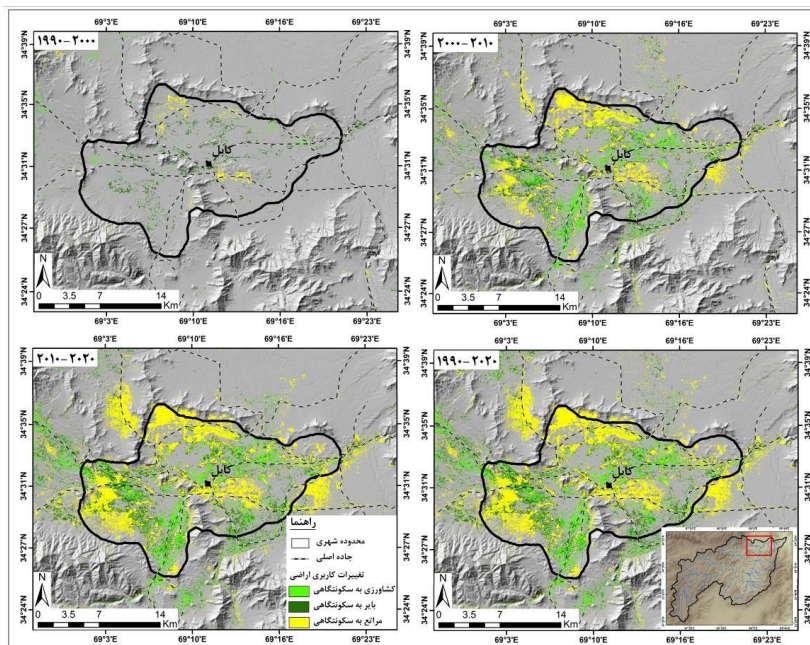
نوع کاربری	۱۹۹۰	۲۰۰۰	۲۰۱۰	۲۰۲۰
سکونتگاهی	۱۳۰/۳	۱۴۷/۴	۱۸۲/۹	۲۰۵/۱
کشاورزی	۷۷/۲	۸۷/۲	۶۷/۸	۴۹/۵
بایر	۱۲۳/۳	۱۳۷/۷	۱۶۶/۶	۲۴۴/۴
مراتع	۱۰۵۲/۹	۱۰۱۱/۴	۹۶۶/۳	۸۸۴/۵
پهنه آبی	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۸

ب) آنالیز تغییرات صورت گرفته از دیگر کاربری‌ها به کاربری نواحی سکونتگاهی با توجه به اینکه در این پژوهش روند تغییرات نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق سیل‌گیر مدنظر است، روند تغییرات دیگر کاربری‌ها به کاربری نواحی سکونتگاهی در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ ارزیابی شد. در جدول ۴، تغییرات صورت گرفته نشان داده شده است. براساس

نتایج، از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰، کاربری نواحی سکونتگاهی ۱۷/۱ کیلومتر مربع افزایش داشته است که از این میزان، ۲/۱ کیلومتر مربع مربوط به کاربری کشاورزی، ۸/۲ کیلومتر مربع مربوط به کاربری اراضی بایر و ۶/۸ کیلومتر مربع مربوط به کاربری مراتع بوده است. از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰، کاربری نواحی سکونتگاهی ۳۵/۵ کیلومتر مربع افزایش داشته است که از این میزان، ۱۱/۷ کیلومتر مربع مربوط به کاربری کشاورزی، ۶/۴ کیلومتر مربع مربوط به کاربری اراضی بایر و ۱۷/۴ کیلومتر مربع مربوط به کاربری مراتع بوده است. از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰، کاربری نواحی سکونتگاهی ۲۲/۲ کیلومتر مربع افزایش داشته است که از این میزان، ۴/۹ کیلومتر مربع مربوط به کاربری کشاورزی، ۳/۵ کیلومتر مربع مربوط به کاربری اراضی بایر و ۱۳/۸ کیلومتر مربع مربوط به کاربری مراتع بوده است. با توجه به موارد مذکور، از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰، کاربری نواحی سکونتگاهی ۷۴/۸ کیلومتر مربع افزایش داشته است که از این میزان، ۱۸/۷ کیلومتر مربع مربوط به کاربری کشاورزی، ۱۸/۱ کیلومتر مربع مربوط به کاربری اراضی بایر و ۳۸ کیلومتر مربع مربوط به کاربری مراتع بوده است. در این پژوهش به منظور ارزیابی بهتر تغییرات صورت گرفته از سایر کاربری‌ها به کاربری نواحی سکونتگاهی، نقشه تغییرات صورت گرفته در طی دوره‌های زمانی مطالعه شده نشان داده شده است (شکل ۷). نتایج این بخش نشان داده است که تغییرات کاربری اراضی در محدوده شهری کابل بدون توجه به قلمرو تأثیرگذاری مخاطرات طبیعی از جمله سیلاب و رعایت حریم رودخانه کابل رود در محدوده شهری بوده و این عامل سبب شده است که در بسیاری از مناطق مستعد وقوع سیلاب، کاربری‌های اراضی از جمله اراضی کشاورزی به کاربری نواحی سکونتگاهی تغییر یابد که همین مسئله، پتانسیل مخاطره‌پذیری شهر کابل را بیشتر کرده است.

جدول ۴. ارزیابی تغییرات سایر کاربری‌ها به کاربری نواحی سکونتگاهی (کیلومتر مربع)

نوع تغییر	۱۹۹۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۲۰۱۰	۲۰۱۰-۲۰۲۰	۱۹۹۰-۲۰۲۰
کشاورزی به سکونتگاهی	۲/۱	۱۱/۷	۴/۹	۱۸/۷
بایر به سکونتگاهی	۸/۲	۶/۴	۳/۵	۱۸/۱
مراتع به سکونتگاهی	۶/۸	۱۷/۴	۱۳/۸	۳۸
مجموع	۱۷/۱	۳۵/۵	۲۲/۲	۷۴/۸

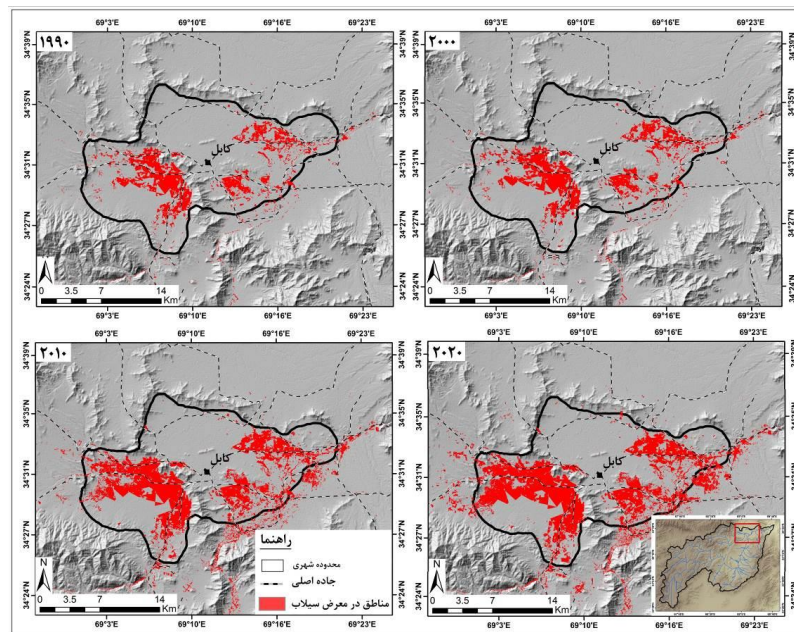


شکل ۷. نقشه تغییرات سایر کاربری‌ها به کاربری نواحی سکونتگاهی در طی دوره‌های زمانی مطالعه شده

### ج) ارزیابی روند افزایشی نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق سیل‌گیر

روند افزایشی جمعیت در محدوده شهری کابل سبب شده است تا در طی سال‌های اخیر، بخش‌های زیادی از نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق سیل‌گیر پیشروی کنند. به‌منظور ارزیابی میزان پیشروی صورت‌گرفته، ابتدا مناطق سیل‌گیر محدوده پژوهش در بخش قبل شناسایی و سپس، نواحی سکونتگاهی واقع در این محدوده در طی دوره‌های زمانی مشخص شد (شکل ۸). نتایج بیانگر این است که بخش‌های زیادی از نواحی سکونتگاهی محدوده پژوهش در طبقه با پتانسیل خیلی زیاد وقوع سیلاب قرار دارند. نتایج ارزیابی روند پیشروی نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق سیل‌گیر بیانگر این است که در سال ۱۹۹۰، ۴۸/۲ کیلومتر مربع از محدوده شهری کابل در طبقه با پتانسیل سیل‌گیری خیلی زیاد قرار داشته است که این میزان در سال ۲۰۰۰ به ۵۸/۹ کیلومتر مربع، در سال ۲۰۱۰ به ۸۰/۹ کیلومتر مربع و در سال ۲۰۲۰ به ۸۴ کیلومتر مربع افزایش یافته داشته است (جدول ۵). نتایج ارزیابی‌ها بیانگر

این است که روند افزایشی جمعیت به سمت مناطق سیل گیر در حال فزونی است که این مسئله مستلزم مدیریت و کنترل بیشتری است.



شکل ۸. روند افزایشی نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق سیل گیر در طی دوره‌های زمانی مطالعه شده

جدول ۵. مساحت نواحی سکونتگاهی واقع در طبقات مستعد وقوع سیلاب (کیلومتر مربع)

سال	۱۹۹۰	۲۰۰۰	۲۰۱۰	۲۰۲۰
مساحت	۴۸/۲	۵۸/۹	۸۰/۹	۸۴

### نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش به طور کلی بیانگر دو واقعیت است: نخست اینکه حوضه آبریز رودخانه کابل رود در بالادست شهر کابل به دلیل وضعیت هیدروژئومورفولوژی منطقه، دارای پتانسیل سیل‌گیری زیادی است؛ و دوم اینکه در روند توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی این شهر، به قلمرو تأثیرگذاری مخاطره سیلاب و حریم سیل‌گیر رودخانه توجه نشده است. نوآوری تحقیق حاضر، ارزیابی روند توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی و همچنین پیش‌بینی حرکت این روند به سمت مناطق سیل‌خیز بوده است. براساس نتایج این پژوهش، ۴۹۵ کیلومتر مربع از محدوده

شهری و حاشیه شهری کابل که بیشتر شامل بخش‌های میانی، غربی، شرقی و جنوب شرقی شهر کابل است، پتانسیل سیل‌گیری زیادی دارد. این مناطق به دلیل شیب و ارتفاع کم، جریان جمعی و نزدیکی به حریم رودخانه، مستعد قرارگیری در پهنه‌های سیلابی هستند. نتایج این پژوهش همانند پژوهش خاتاک و همکاران (۲۰۱۶)، نشان داده است که بخشی از جمعیت شهر کابل، به‌ویژه مناطق میانی آن در معرض وقوع سیلاب است و همچنین همانند پژوهش ماتاوی و همکاران (۲۰۲۰) نشان داده است که تغییرات کاربری اراضی در مناطق شمالی شهر کابل که شامل نواحی شهری توسعه‌یافته است، یکی از دلایل پتانسیل زیاد تولید رواناب سطحی در این مناطق است. نتایج این پژوهش در راستای تکمیل تحقیقات پیشین، افزون بر شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب، روند تغییرات کاربری اراضی و توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق سیل‌گیر در محدوده حوضه شهری کابل را نیز مشخص کرده است. با توجه به اینکه مناطق مرکزی و جنوبی شهر کابل، پتانسیل بالایی از نظر قرارگیری در پهنه‌های سیلاب رودخانه کابل رود دارند، پیشنهاد می‌شود با توجه به دیگر مخاطرات ژئومورفولوژیک احتمالی (به‌ویژه زمین‌لغزش و زمین‌لرزه) روند توسعه فیزیکی شهر کابل به سمت سایر مناطق (از جمله مناطق شمالی) شهر متمرکز شود.

#### تقدیر و تشکر

این مقاله با حمایت گروه جغرافیای طبیعی دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران تألیف شده که بدین وسیله از آنها تشکر می‌شود.

## منابع

- [۱]. آبی، ابوالفضل؛ طاوسی، تقی؛ و خسروی، محمود (۱۳۹۸). «تحلیل مناطق بالقوه در معرض مخاطره سیلاب شهری (مطالعه موردی: شهر زاهدان)»، *جغرافیا و توسعه*، ۱۷ (۵۴)، ص ۹۱-۱۰۶.
- [۲]. حسینی، سیدموسی؛ جعفریگلو، منصور؛ و گراوند، فاطمه (۱۳۹۴). «تعیین پهنه‌های سیل‌گیر رود کشکان با استفاده از مدل هیدرولیکی به‌منظور کاهش مخاطرات سیل»، *دانش مخاطرات*، ۲ (۳)، ص ۳۵۵-۳۶۹.
- [۳]. خالدی، شهریار؛ ملکی، سعید؛ و فرهمند، قاسم (۱۳۹۶). «ریز پهنه‌بندی و مقایسه ریسک سیلاب شهری با استفاده از مدل‌های تلفیقی عملگرهای فازی Arc GIS و تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (مطالعه موردی: شهر ارومیه)»، *مطالعات عمران شهری*، ۱ (۱)، ص ۶۵-۷۷.
- [۴]. صابری‌فر، رستم (۱۳۹۲). «مطالعه توسعه فیزیکی شهر بیرجند با معیار مخاطرات»، *پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری*، ۳ (۶)، ص ۹۳-۱۰۳.
- [۵]. غلامی، محمد؛ و احمدی، مهدی (۱۳۹۸). «ریز پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر لامرد با استفاده از AHP، GIS و منطق فازی»، *مخاطرات محیط طبیعی*، ۸ (۲۰)، ص ۱۰۱-۱۱۴.
- [۶]. قمی‌اویلی، فرشته؛ صادقیان، محمدصادق؛ جاوید، امیرحسین؛ و میرباقری، سیداحمد (۱۳۸۹). «شبیه‌سازی پهنه‌بندی سیل با استفاده از مدل HEC-RAS (مطالعه موردی: رودخانه کارون حدفاصل بند قیر تا اهواز)»، *علوم و فنون منابع طبیعی*، ۵ (۱)، ص ۱۰۵-۱۱۵.
- [۷]. قنوتی، عزت‌الله؛ احمدآبادی، علی؛ و صادقی، منصور (۱۳۹۸). «جانمایی پهنه‌های مستعد ذخیره سیلاب با تأکید بر ویژگی‌های فرمی زمین و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی در حوضه آبخیز قمرود»، *هیدروژئومورفولوژی*، ۱۸ (۵)، ص ۱۳۹-۱۵۹.
- [۸]. محمدخان، شیرین؛ گنجائیان، حمید؛ شهری، سمیه؛ و عباس‌زاده، امیرعلی (۱۳۹۸). «پیش‌بینی روند توسعه شهری به‌سمت مناطق مخاطره‌آمیز با استفاده از تصاویر چندزمانه (مطالعه موردی: شهر مریوان)»، *سیهر*، ۲۸ (۱۱۰)، ص ۱۰۷-۱۱۷.
- [۹]. محمدی، خدیجه؛ مقیمی، ابراهیم؛ و جعفریگلو، منصور (۱۳۹۵). «مخاطره سیلاب و آمایش شهر کابل»، *چهارمین همایش انجمن ایرانی ژئومورفولوژی*، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا.
- [۱۰]. مقیمی، ابراهیم (۱۳۹۱). *ژئومورفولوژی شهری*، چ پنجم تهران: انتشارات دانشگاه تهران.



- [۱۱]. مقیمی، ابراهیم (۱۳۹۴). *دانش مخاطرات (برای زندگی با کیفیت بهتر)*، انتشارات دانشگاه تهران.
- [۱۲]. مقیمی، ابراهیم؛ صفاری، امیر (۱۳۸۹). «ارزیابی ژئومورفولوژیکی توسعه شهری در قلمروی حوضه‌های زهکشی سطحی (مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران)»، *برنامه‌ریزی و آمایش فضا*، ۱۴ (۱)، ص ۱-۳۱
- [۱۳]. نگهبان، سعید؛ گنجائیان، حمید؛ فریدونی کردستانی، مزده؛ و چشمه‌سفیدی، زیبا (۱۳۹۸). «ارزیابی توسعه فیزیکی شهرها و گسترش به سمت مناطق ممنوعه ژئومورفولوژیکی با استفاده از LCM (مطالعه موردی: شهر سنندج)»، *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۸ (۲۰)، ص ۳۹-۵۲.
- [۱۴]. نوحه‌گر، احمد؛ کاظمی، محمد؛ قصردشتی روشن، محمد؛ و رضائی، پیمان (۱۳۹۱). «بررسی تأثیر کاربری اراضی در پتانسیل سیل‌خیزی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز تنگ بستانک شیراز)»، *پژوهش‌های فرسایش محیطی*، ۲ (۵)، ص ۲۸-۴۱.
- [15]. Bourenane, H., Bouhadad, Y., & Guettouche, M.S. (2019). "Flood hazard mapping in urban area using the hydrogeomorphological approach: case study of the Boumerzoug and [11] Rhumel alluvial plains (Constantine city, NE Algeria)", *Journal of African Earth Sciences*, 160 (1).
- [16]. Fernández, D. S., & Lutz, M. A. (2010). "Urban flood hazard zoning in Tucumán Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis", *Engineering Geology*, 111 (4), pp: 90-98
- [17]. Green, C. H., Parker, D. J., & Tunstall, S. M. (2000). "Assessment of flood control and management option", Flood Hazard Research Centre, Middlesex University (A Report prepared for the World Commissions on Dams (WCD)).
- [18]. Haghizadeh. A., Siahkamari. S., Haghiabi. A.H., & Rahmati. O. (2017). "Forecasting flood-prone areas using Shannon's entropy model", *J. Earth Syst.* 126 (39).
- [19]. Khattak, M. S., Anwar, F., Saeed, T. U, Sharif, M., Sheraz, k., & Ahmad, A. (2016). "Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ArcGIS: A Case Study of Kabul River", *Civil Engineering*, 41(1), pp: 1375-1390
- [20]. Lee. M . j. (2015). "Analysis on the flood vulnerability in the Seoul and Busan metropolitan area, Korea using spatial database", *EGU General Assembly*, pp: 17 (1).
- [21]. Manawi, S., Mohd Nasir, K. A., Sanusi Shiru, M., Fayez Hotaki, S., & Naser Sediqi, M., (2020). "Urban Flooding in the Northern Part of Kabul City: Causes and Mitigation", *Earth Systems and Environment*, 4(1), pp: 599-610
- [22]. Qiang, Y., Nina, S. N., Lam, H. C., & Lei, Z. (2017). "Changes in Exposure to Flood Hazards in the United States", *Annals of the American Association of Geographers*, 107 (6).

- 
- [23]. Rinat, Y., Marra, F., Zocatelli, D., & Morin, E. (2018). "Controls of flash flood peak discharge in Mediterranean basins and the special role of runoff-contributing areas", *Journal of Hydrology*, 565(1), pp: 846-860
- [24]. Tehrany, M.S., Pradhan, B. & Jebur, M.N. (2014). "Flood susceptibility mapping using a novel ensemble weights-of-evidence and support vector machine models in GIS". *J. Hydrolgy*, 512(1), pp: 332-343.
- [25]. Youssef. A.M.; Biswajeet.P.; & Sefry. S. A. (2015). "Flash flood susceptibility assessment in Jeddah city (Kingdom of Saudi Arabia) using bivariate and multivariate statistical models", *Environ Earth Sci*,