

ارزیابی روند توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق سیل خیز

(مطالعه موردی: شهر سنندج)

فاطمه نورالدین موسی^۱، رضا محمودی^۲، کامیار امامی^{۳*}

۱- کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

۳- کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران emami.kamyar@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۹

چکیده

سیل از جمله مخاطراتی است که بسیاری از شهرهای ایران را تهدید می‌کند. یکی از مناطقی که در معرض این مخاطره قرار دارد، شهر سنندج است. سنندج به دلیل مجاورت با رودخانه قشلاق و همچنین وضعیت هیدروژئومورفولوژی که دارد، پتانسیل بالایی از نظر وقوع سیلاب دارد. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش به ارزیابی روند توسعه نواحی سکونتگاهی شهر سنندج به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب پرداخته شده است. در این تحقیق، از مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، تصاویر ماهواره لندست و همچنین لایه‌های رقومی اطلاعاتی مختلف، به‌عنوان داده‌های تحقیق استفاده شده است. مهم‌ترین ابزارهای مورد استفاده در این تحقیق، نرم‌افزار ENVI و ArcGIS بوده است. این تحقیق در دو مرحله کلی انجام شده است که در مرحله اول، با استفاده از مدل تلفیقی Fuzzy-AHP مناطق مستعد وقوع سیلاب در محدوده مطالعاتی شناسایی شده و در مرحله دوم نیز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، روند توسعه نواحی سکونتگاهی شهر سنندج به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب ارزیابی شده است. بر اساس نتایج حاصله، مناطق شرقی محدوده شهری سنندج به دلیل نزدیکی به رودخانه قشلاق و همچنین ارتفاع و شیب کم، پتانسیل بالایی از نظر وقوع سیلاب دارد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داده است که وسعت نواحی سکونتگاهی شهر سنندج در سال ۱۹۹۰، حدود ۱۴/۸ و در سال ۲۰۲۰ حدود ۲۷/۱ کیلومتر مربع بوده است که در سال ۱۹۹۰، حدود ۲/۶ کیلومتر مربع از نواحی سکونتگاهی در معرض مخاطره سیلاب قرار داشته است ولی در سال به ۷/۹ کیلومتر مربع افزایش یافته است. بر این اساس می‌توان گفت که در برنامه‌ریزی‌های شهری صورت گرفته، به وضعیت سیل‌خیزی منطقه، توجه چندانی نشده است.

کلمات کلیدی: سیلاب، توسعه فیزیکی، شهر سنندج، Fuzzy-AHP

سیل عبارت است از بالا آمدن ناگهانی آب رودخانه‌ها و یا جریان آبی تند و معمولاً ویرانگر که به‌طور ناگهانی اتفاق می‌افتد (رینات^۱ و همکاران، ۲۰۱۸). در واقع، اغلب سیلاب‌ها حاصل طغیان رودخانه‌ها، با جریان‌های فصلی و موقت هستند. به علت حجم زیاد آب، بستر معمولی رودخانه قادر به تخلیه آب‌ها نبوده و در نتیجه آب از بستر رودخانه خارج شده و بر روی اراضی مجاور رودخانه گسترش می‌یابد (حکمتی، ۱۳۸۷). سیلاب‌ها از مخرب‌ترین بلایای طبیعی محسوب می‌شوند، به‌طوری‌که در مقایسه با سایر انواع بلایای طبیعی، حدود ۲۰ درصد از رخدادهای گزارش شده را شامل می‌شوند (سن^۲، ۲۰۰۸). همچنین بر اساس گزارش پایگاه داده بین‌المللی مخاطرات، سیلاب‌ها در کنار زلزله و خشکسالی بالاترین خسارات جانی و مالی را داشته‌اند (پایگاه داده بین‌المللی مخاطرات^۳، ۲۰۱۶).

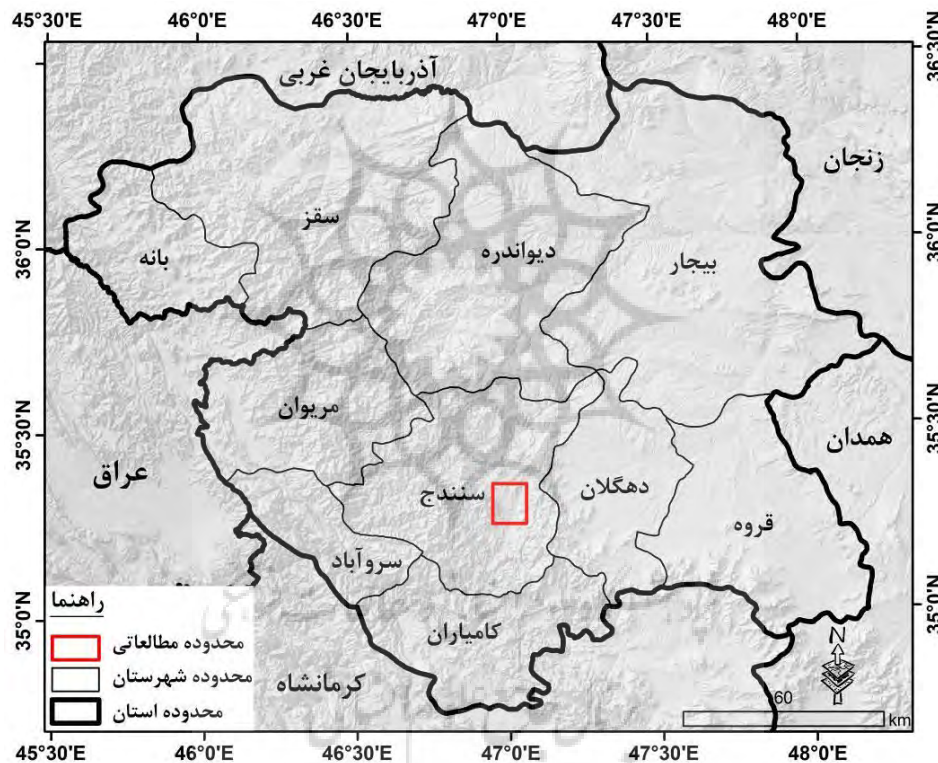
مناطق مختلف با توجه به وضعیت هیدروژئومورفولوژی و هیدرواقليمی، پتانسیل‌های متفاوتی از نظر وقوع سیلاب دارند (گنجائیان، ۱۳۹۹). موقعیت طبیعی ایران سبب شده است تا در طی سال‌های اخیر، سیلاب‌ها سبب وارد آوردن خسارات زیادی به مناطق مختلف و بخصوص نواحی شهری شوند که دلیل اصلی آن، عدم توجه به پتانسیل سیل‌خیزی منطقه در برنامه‌ریزی‌های شهری بوده است. یکی از مناطقی که در معرض مخاطره سیلاب قرار دارد، شهر سنندج است. سنندج به دلیل مجاورت با رودخانه قشلاق و همچنین وضعیت هیدروژئومورفولوژی که دارد، پتانسیل بالایی از نظر وقوع سیلاب دارد. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش به ارزیابی روند توسعه نواحی سکونتگاهی شهر سنندج به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب پرداخته شده است.

اهمیت مسئله سیلاب سبب شده است تا در این مورد تحقیقات مختلفی صورت گیرد که از جمله آن‌ها می‌توان به کای^۴ و همکاران (۲۰۱۱) اشاره کرد به ارزیابی عوامل مختلف طبیعی و انسانی مؤثر در وقوع سیلاب پرداختند. سیلوا^۵ و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS، به پهنه‌بندی سیل در رودخانه سدروس برزیل پرداختند. سو^۶ و همکاران (۲۰۱۴) به ارزیابی تأثیر استفاده از الگوهای استفاده از زمین و همچنین الگوی پراکندگی شهری بر افزایش خطر وقوع مخاطره سیلاب در مناطق جدید شهری کشور چین پرداختند. پارهی^۷ (۲۰۱۸) با استفاده از روش HEC-RAS، به ارزیابی روش‌های مدیریت سیلاب و تعیین پهنه‌های سیل‌گیر در حوضه ماهانادی^۸ در هندوستان پرداختند. چابانی و همکاران^۹ (۲۰۱۸) با استفاده از تصاویر راداری، به تحلیل عوامل مؤثر در وقوع سیلاب در منطقه کبک کانادا پرداختند. در ایران نیز امراء شهستان و ملک محمدی (۱۳۹۵) به بررسی مدیریت سیلاب شهری با تأکید بر شاخص‌های پدافند غیرعامل پرداختند. اصلانی (۱۳۹۶) به برنامه‌ریزی راهبردی مقابله با وقوع سیلاب در محدوده مرکزی شهرستان‌های تهران و کرج پرداخته است. محمودزاده و باکویی (۱۳۹۷) با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، به پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در شهر ساری پرداختند. غلامی و احمدی (۱۳۹۸) به ریز

-
1. Rinat
 2. Sene
 3. The International Disaster Database (EM-DAT)
 4. Cai
 5. Silva
 6. Su
 7. Parhi
 8. Mahanadi
 9. Chaabani

پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در شهر لامرد با استفاده از GIS, AHP و منطق فازی پرداختند. اسدی و همکاران (۱۴۰۱) به ارزیابی روند توسعه فیزیکی شهر پلدختر به سمت مناطق سیل‌خیز پرداختند.

منطقه مورد مطالعه: محدوده مطالعاتی تحقیق حاضر منطبق بر محدوده شهری و حاشیه شهری سنندج است (شکل ۱). شهر سنندج از نظر تقسیمات سیاسی به‌عنوان مرکز شهرستان سنندج و استان کردستان محسوب می‌شود و بر اساس آمار سال ۱۳۹۵، شهر سنندج با ۴۱۲۷۶۷ نفر، پرجمعیت‌ترین شهر این استان است (مرکز آمار کشور، ۱۳۹۵). این شهر از نظر ژئومورفولوژی دارای تنوع زیادی است به‌طوری‌که در واحدهای مختلف دشت سیلابی، دشت، تپه‌ماهور و کوهستان استقرار یافته است. شهر سنندج از سمت شرق به رودخانه قشلاق و از سمت غرب به ارتفاعات آبیدر منتهی می‌شود و همین مسئله سبب محدودیت زیاد این شهر جهت توسعه فیزیکی شده است.



شکل ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

در این تحقیق به‌منظور دستیابی به اهداف مورد نظر، از مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، تصاویر ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰ و همچنین لایه‌های رقومی اطلاعاتی مختلف، به‌عنوان داده‌های تحقیق استفاده شده است. مهم‌ترین ابزارهای

مورد استفاده در این تحقیق، نرم‌افزار ENVI و ArcGIS بوده است که از نرم‌افزار ENVI به منظور تهیه نقشه نواحی سکونتگاهی در طی سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰ و از نرم‌افزار ArcGIS به منظور تهیه نقشه‌های نهایی استفاده شده است. این تحقیق در دو مرحله کلی انجام شده است که در مرحله اول، مناطق مستعد وقوع سیلاب در محدوده مطالعاتی شناسایی شده و در مرحله دوم نیز روند توسعه نواحی سکونتگاهی شهر سنندج به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب ارزیابی شده است. در ادامه به تشریح مراحل تحقیق پرداخته شده است:

مرحله اول (شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب): در این تحقیق به منظور شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب، از ۶ پارامتر شامل شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از رودخانه، کاربری اراضی و لیتولوژی استفاده شده است. انتخاب پارامترها بر اساس وضعیت منطقه، نظرات کارشناسان و مطالعات کتابخانه‌ای بوده است. در این مرحله، پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی، به منظور شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب، ابتدا لایه‌های مورد نظر فازی‌سازی شده است. پس از فازی‌سازی لایه‌های اطلاعاتی، با استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، به لایه‌های اطلاعاتی وزن داده شده است. پس از وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی (با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice و نظرات کارشناسان)، با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS، وزن بدست آمده بر روی لایه‌ها اعمال شده و در نهایت لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از عملگر گامای فازی با هم ترکیب شده و نقشه مناطق مستعد وقوع سیلاب در محدوده مطالعاتی تهیه شده است.

مرحله دوم (ارزیابی روند توسعه نواحی سکونتگاهی شهر سنندج به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب): در این مرحله ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و نرم‌افزار ENVI، نقشه نواحی سکونتگاهی شهر سنندج در طی سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰ تهیه شده است. پس از تهیه نقشه‌های مذکور، نقشه نواحی سکونتگاهی که در طبقه پتانسیل زیاد و خیلی زیاد سیل‌خیزی قرار دارند استخراج شده است. به این صورت، نواحی سکونتگاهی در معرض وقوع سیلاب در طی سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰ شناسایی شده است.

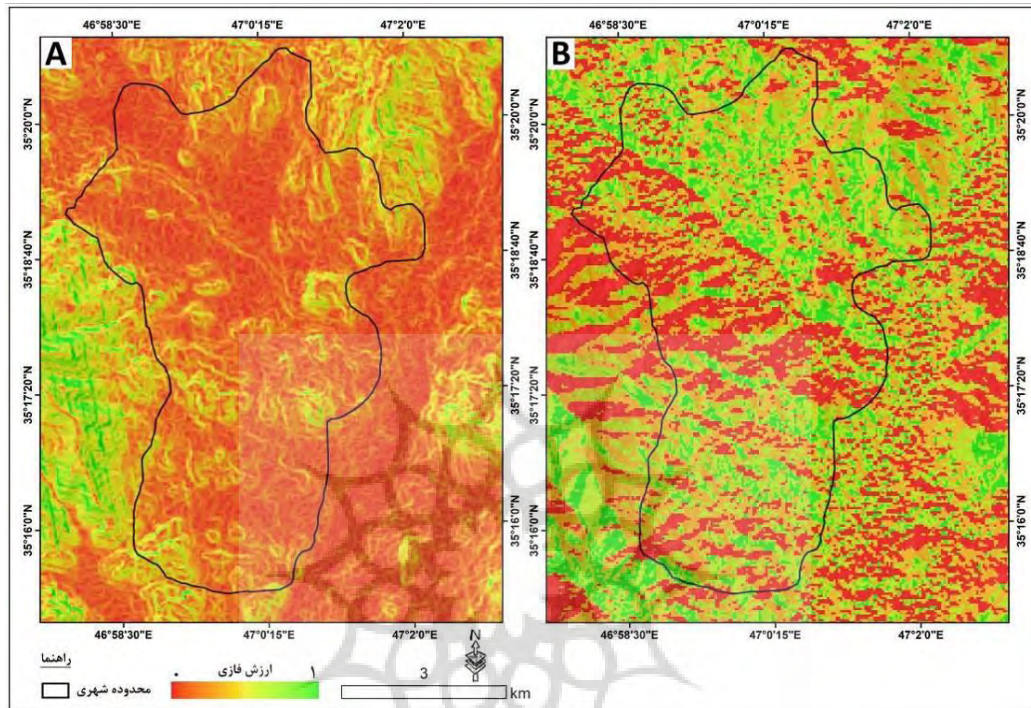
بحث و نتایج

شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب

- پارامترهای مورد استفاده: در این پژوهش به منظور شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب از پارامترهای مختلف طبیعی و انسانی استفاده شده که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است:

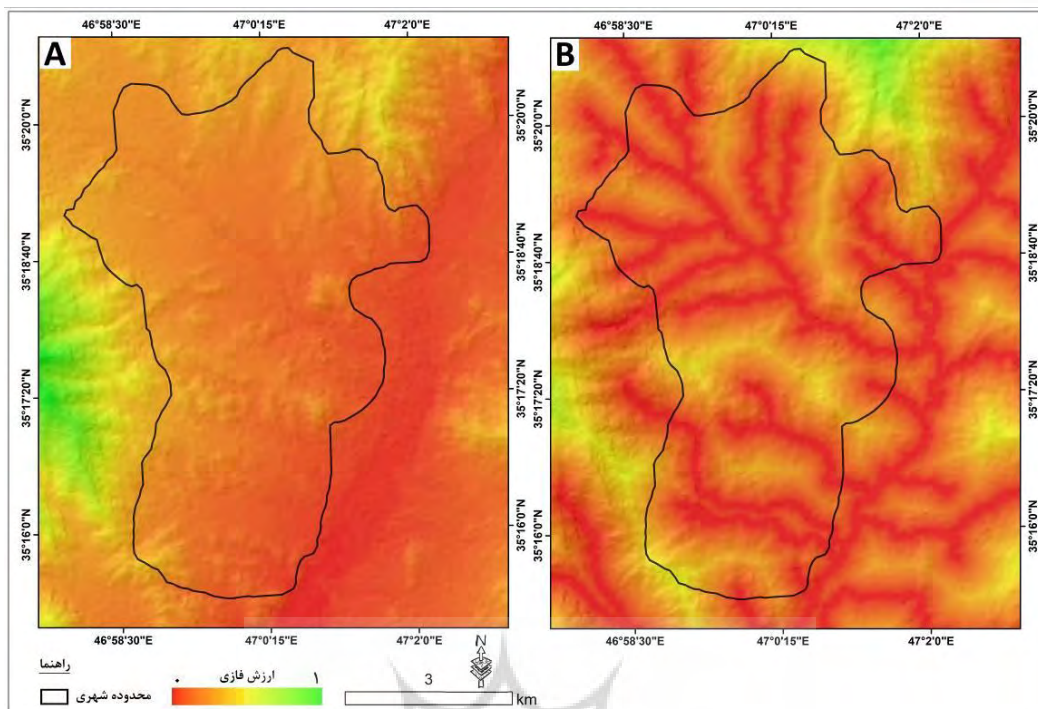
الف) شیب و جهت شیب: از جمله عوامل مؤثر در وقوع سیلاب، شیب و جهت شیب است. در مناطق با شیب زیاد، سرعت رواناب زیاد است و میزان رواناب نسبت به مناطق کم‌شیب، کم‌تر است. در واقع، در مناطق مسطح مقدار زیادی آب در زمان طولانی‌تری حفظ شده و باعث افزایش خسارت می‌شوند. در دامنه‌ها با جریان‌های سریع‌تری روبرو هستیم (یگانه^۱ و همکاران، ۲۰۱۴). بر این اساس، مناطق کم‌شیب، بیش‌تر در معرض مخاطره سیلاب قرار دارند. همچنین جهت‌شیب نیز به دلیل تاثیرگذاری بر ذخیره و ذوب برف، رطوبت، میزان پوشش گیاهی و در نتیجه رواناب، از عوامل مؤثر در وقوع سیلاب است. با توجه به اینکه، جهات شمالی دارای رطوبت و ذخیره برفی بیش‌تری نسبت به جهات جنوبی هستند،

بنابراین دامنه‌های شمالی، دارای پتانسیل سیل‌خیزی بیش‌تری هستند (علیزاده، ۱۳۸۹). با توجه به موارد مذکور، در شکل ۲ نقشه فازی‌سازی شده شیب و جهات شیب محدوده مورد مطالعه نشان داده شده است که بر اساس آن، به مناطق کم‌شیب و جهات شیب شمالی، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق با شیب زیاد و جهات شیب جنوبی، ارزش نزدیک به صفر داده شده است.



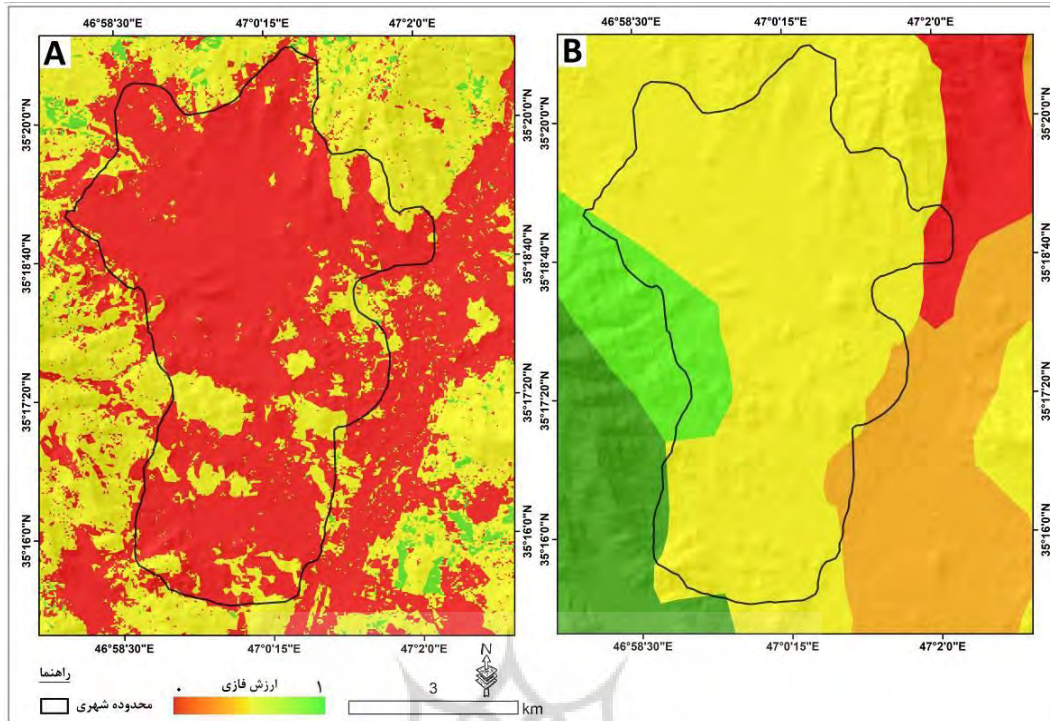
شکل ۲: نقشه فازی‌سازی شده شیب (A) و جهات شیب (B) محدوده مورد مطالعه

(ب) ارتفاع و فاصله از رودخانه: ارتفاع حوضه نقش مهمی در مقدار بارندگی، دما، میزان تبخیر و تعرق، تشعشعات خورشیدی، تشکیل و توسعه خاک، نوع و تراکم پوشش گیاهی داشته و در نتیجه روی ضریب رواناب اثر می‌گذارد. به‌طور معمول مناطقی که در ارتفاع پایین‌تری هستند نسبت به مناطق بالاتر، بیش‌تر تحت تأثیر سیل قرار دارند (اسدپور، ۱۳۹۸). همچنین فاصله از رودخانه یکی از مهم‌ترین عوامل در پتانسیل سیل‌خیزی مناطق محسوب می‌شود. مناطقی که در نزدیکی جریان و رودخانه واقع شده‌اند، بیش‌تر در معرض خطر سیل هستند. سرریز آب در زمان سیل باعث می‌شود که مناطق مجاور رودخانه بسیار آسیب‌پذیر باشند (یگانه و همکاران، ۲۰۱۴). با توجه به موارد مذکور، در شکل ۳ نقشه فازی‌سازی شده ارتفاع و فاصله از رودخانه‌های محدوده مورد مطالعه نشان داده شده است که بر اساس آن، به مناطق کم‌ارتفاع و مناطق نزدیک به رودخانه، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق با ارتفاع زیاد و مناطق دور از رودخانه، ارزش نزدیک به صفر داده شده است.



شکل ۳: نقشه فازی سازی شده ارتفاع (A) و فاصله از رودخانه‌های (B) محدوده مورد مطالعه

ج) کاربری اراضی و لیتولوژی: کاربری اراضی و تغییرات آن در طی دوره‌های مختلف می‌تواند در تشدید و یا تضعیف سیلاب نقش حیاتی داشته باشد. حوادث زمین تحت تأثیر نوع استفاده از زمین و کاربری زمین است. سطوح غیر قابل نفوذ از جمله پوشش مناطق شهری ظرفیت نفوذ کمتری دارند. با توجه به سطح غیر قابل نفوذ، تغییر در وضعیت هیدرولوژیکی و عدم پوشش گیاهی در منطقه شهرنشین، مقدار رواناب و دبی اوج و خطر جاری شدن سیل را تحت تأثیر قرار می‌دهد (یگانه و همکاران، ۲۰۱۴). همچنین نوع سنگ و پوشش خاک، ظرفیت نفوذ را تحت تأثیر قرار می‌دهد. خاک یا سنگ قابل نفوذ، شرایط نفوذ آب به داخل زمین را فراهم می‌کند و تخلیه آن را به داخل آبراهه اصلی به تأخیر می‌اندازد (خیری‌زاده آروق و همکاران، ۱۳۸۸). درواقع، مناطق با سنگ بستر یا خاک به نسبت غیر قابل نفوذ، حجم بالایی از رواناب سطحی را ایجاد می‌کنند (گارد، ۲۰۰۶). با توجه به موارد مذکور، در شکل ۴ نقشه فازی سازی شده کاربری اراضی و لیتولوژی محدوده مورد مطالعه نشان داده شده است که بر اساس آن، به مناطق فاقد پوشش گیاهی و نوع لیتولوژی نفوذناپذیر، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق با پوشش گیاهی مترکم و نوع لیتولوژی نفوذپذیر، ارزش نزدیک به صفر داده شده است.



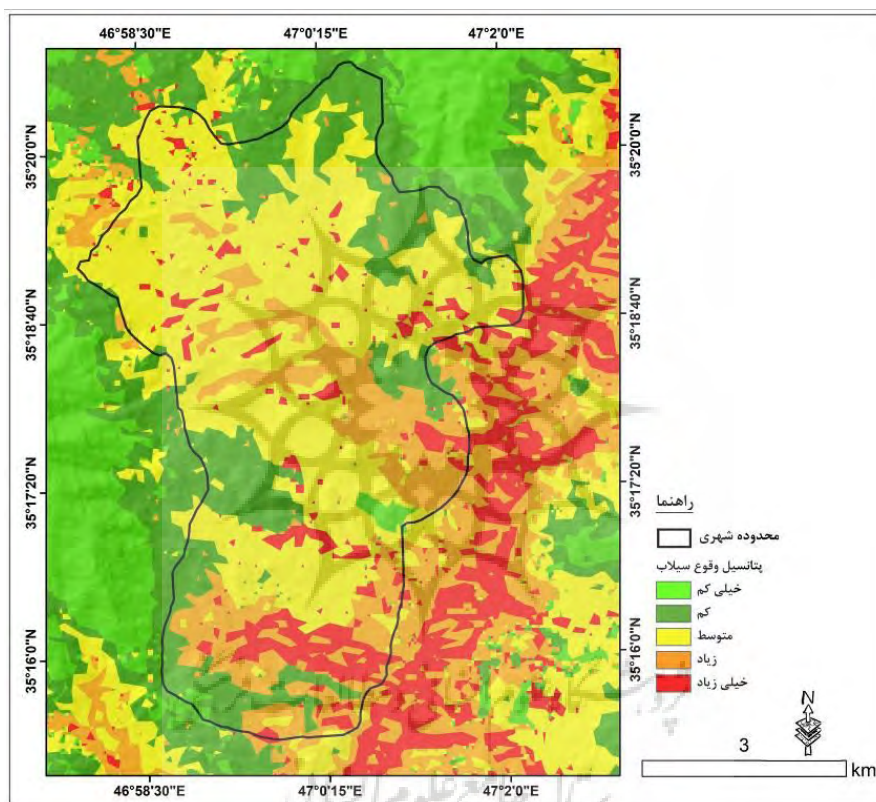
شکل ۴: نقشه فازی سازی شده کاربری اراضی (A) و لیتولوژی (B) محدوده مورد مطالعه

-وزن دهی به لایه های اطلاعاتی: با توجه به اینکه ارزش و اهمیت لایه های اطلاعاتی یکسان نیست، در این پژوهش با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، ارزش لایه های اطلاعاتی مشخص شده است. به منظور انجام مدل AHP، از نرم افزار Expert Choice و نظرات کارشناسان استفاده شده است و در نهایت وزن هر لایه محاسبه شده است (جدول ۱).

جدول ۱: وزن پارامترهای مورد استفاده بر اساس مدل AHP

| پارامتر | شیب | جهت شیب | ارتفاع | فاصله از رودخانه | کاربری اراضی | لیتولوژی |
|---------|-------|---------|--------|------------------|--------------|----------|
| وزن | ۰/۱۸۹ | ۰/۱۰۴ | ۰/۱۶۸ | ۰/۲۳۸ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۴۱ |

-تلفیق و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی: پس از فازی‌سازی لایه‌های اطلاعاتی و اعمال وزن‌های بدست آمده بر روی آن‌ها، در نهایت با استفاده از عملگر گامای فازی ۰/۷ (از گاماهای مختلف خروجی گرفته شده و در نهایت با توجه به اینکه گامای ۰/۷ به واقعیت نزدیک‌تر بود، از این گاما استفاده شده است)، لایه‌ها با هم تلفیق شده و نقشه نهایی مناطق مستعد وقوع سیلاب در محدوده مطالعاتی تهیه شده است (شکل ۵). بر اساس نقشه تهیه شده، مناطق شرقی محدوده شهری سنندج به دلیل نزدیکی به رودخانه قشلاق و همچنین ارتفاع و شیب کم، پتانسیل بالایی از نظر وقوع سیلاب دارد. همچنین بخش‌های غربی محدوده شهری سنندج به دلیل واقع شدن در دامنه‌های کوه آبیدر و داشتن ارتفاع و شیب زیاد، پتانسیل کمی از نظر وقوع سیلاب دارد.

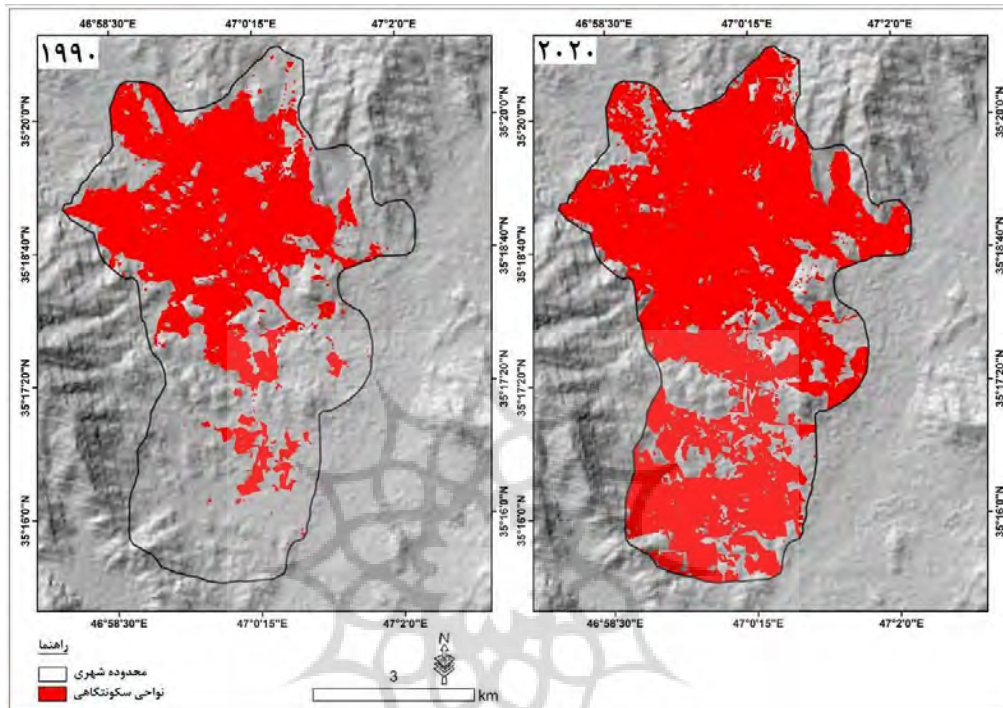


شکل ۵: نقشه مناطق مستعد وقوع سیلاب در محدوده مورد مطالعه

ارزیابی روند توسعه نواحی سکونتگاهی شهر سنندج به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب

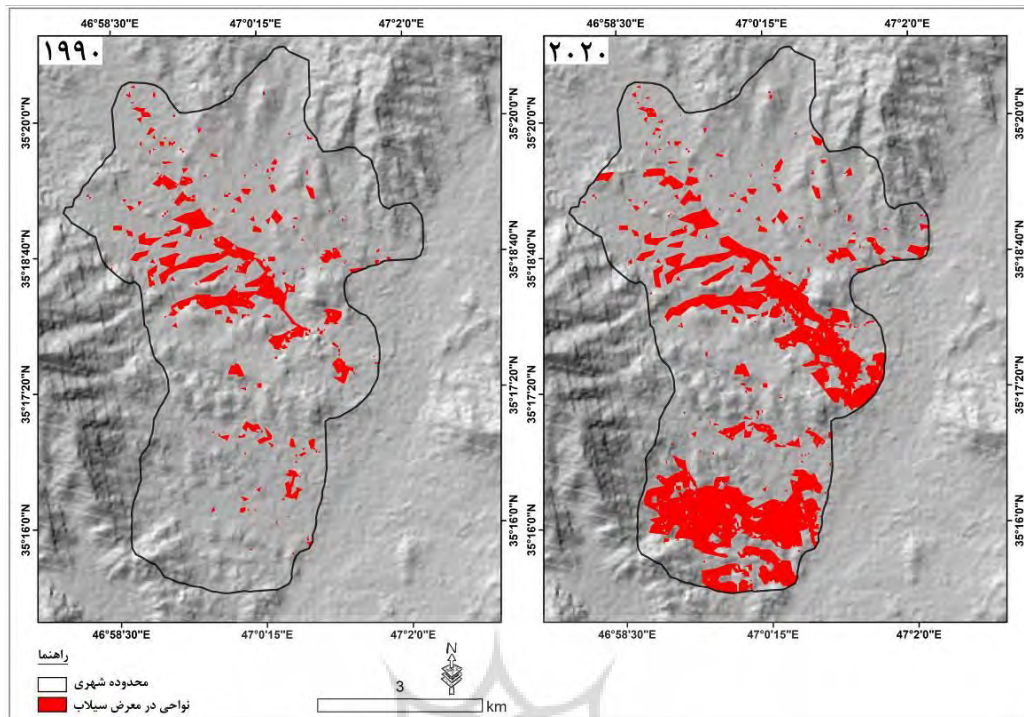
-تهیه نقشه نواحی سکونتگاهی شهر سنندج در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰: سیلاب از جمله مخاطراتی است که شهر سنندج در معرض آن قرار دارد، اما با این حال، در توسعه فیزیکی شهر سنندج به این مسئله توجه چندانی نشده است. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش، روند توسعه نواحی سکونتگاهی شهر سنندج به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب مشخص شده است. برای این منظور، ابتدا با استفاده از تصاویر

ماهواره لندست، نقشه نواحی سکونتگاهی شهر سنندج در طی سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰ تهیه شده است (شکل ۶). بر اساس نقشه تهیه شده، شهر سنندج در سال ۱۹۹۰، حدود ۱۴/۸ کیلومترمربع وسعت داشته است در حالی که این میزان در سال ۲۰۲۰ به ۲۷/۱ کیلومترمربع افزایش یافته است. بر اساس نقشه مذکور، بیش‌ترین میزان توسعه فیزیکی شهر سنندج، مربوط به مناطق شرقی و جنوبی این شهر بوده است.



شکل ۶: نقشه نواحی سکونتگاهی شهر سنندج در طی سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰

-شناسایی نواحی سکونتگاهی در معرض سیلاب در طی سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰: در این بخش به منظور شناسایی نواحی سکونتگاهی در معرض سیلاب، از نتایج حاصله از مرحله قبل استفاده شده است، در واقع، نواحی سکونتگاهی که در طبقه زیاد و خیلی زیاد قرار دارند، به‌عنوان نواحی سکونتگاهی در معرض سیلاب شناسایی شده است. بر اساس نتایج حاصله، در سال ۱۹۹۰، حدود ۲/۶ کیلومترمربع از نواحی سکونتگاهی در معرض مخاطره سیلاب قرار داشته است که این میزان در سال ۲۰۲۰ به ۷/۹ کیلومترمربع افزایش یافته است. بر این اساس می‌توان گفت که در طی سال‌های اخیر، بخش زیادی از نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب حرکت کرده است که این مسئله بیانگر عدم توجه به وضعیت سیل‌خیزی منطقه در برنامه‌ریزی‌های شهری بوده است.



شکل ۷: نقشه نواحی سکونتگاهی در معرض سیلاب در طی سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰

نتیجه‌گیری

سیلاب مخاطره‌ای است که هر ساله بسیاری از شهرهای ایران را با خسارات زیادی مواجه می‌کند. بررسی‌ها نشان داده است که در برنامه‌ریزی‌های صورت گرفته در طی سال‌های اخیر، کم‌تر به این مخاطره توجه شده است و همین مسئله دلیل اصلی افزایش خسارات‌های سیلاب در طی سال‌های بوده است. از جمله شهرهایی که در معرض این مخاطره قرار دارد، شهر سنندج است. نتایج ارزیابی‌های اولیه نشان داده است که تحت تأثیر وضعیت ژئومورفولوژی منطقه، شهر سنندج در معرض مخاطره سیلاب و رواناب قرار دارد. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش به پتانسیل‌سنجی مناطق مستعد وقوع سیلاب در محدوده شهری سنندج پرداخته شد که بر اساس نتایج حاصله، مناطق شرقی محدوده شهری سنندج به دلیل نزدیکی به رودخانه قشلاق و همچنین ارتفاع و شیب کم، پتانسیل بالایی از نظر وقوع سیلاب دارد. همچنین بخش‌های از مرکز شهر سنندج به دلیل ارتفاع و شیب کم، مستعد سیلاب و رواناب هستند. اما برخلاف این مناطق، بخش‌های غربی محدوده شهری سنندج به دلیل واقع شدن در دامنه‌های کوه آیدر و داشتن ارتفاع و شیب زیاد، پتانسیل کمی از نظر وقوع سیلاب دارد. همچنین نتایج حاصله از ارزیابی روند توسعه فیزیکی شهر سنندج نشان داده است که این شهر در سال ۱۹۹۰، حدود ۱۴/۸ کیلومترمربع وسعت داشته است در حالی که این میزان در سال ۲۰۲۰ به ۲۷/۱ کیلومترمربع افزایش یافته است. نکته قابل توجه در این توسعه فیزیکی، عدم توجه به پتانسیل سیل‌خیزی منطقه بوده است به طوری که، در سال ۱۹۹۰، حدود ۲/۶ کیلومترمربع از نواحی سکونتگاهی در معرض مخاطره سیلاب قرار داشته است که این میزان

در سال ۲۰۲۰ به ۷/۹ کیلومتر مربع افزایش یافته است. بر این اساس می‌توان گفت که در برنامه‌ریزی‌های شهری صورت گرفته، به وضعیت سیل‌خیزی منطقه، توجه چندانی نشده است.

منابع

۱. اسدپور، زهرا (۱۳۹۸)، ارزیابی ملاحظات ساماندهی ژئومورفولوژیکی رود دره دلمبر کرج، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خوارزمی، دانشکده جغرافیا.
۲. اسدی، معصومه؛ حیدری، زهرا؛ امامی، کامیار (۱۴۰۱)، ارزیابی روند توسعه فیزیکی شهر پلدختر به سمت مناطق سیل‌خیز، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۱۱، شماره.
۳. اصلانی، فرشته (۱۳۹۶)، برنامه‌ریزی راهبردی مقابله با وقوع سیلاب با تکنیک سوات (نمونه موردی: محدوده مرکزی شهرستان‌های تهران و کرج)، فصلنامه دانش پیش‌گیری و مدیریت بحران، دوره ۷، شماره ۳، صص ۲۱۰-۲۰۱.
۴. امراء شهستان، محمدجواد؛ ملک محمدی، بهرام (۱۳۹۵)، مدیریت سیلاب شهری با تأکید بر شاخص‌های پدافند غیرعامل، چهارمین کنگره بین‌المللی عمران، معماری و توسعه شهری، تهران، دانشگاه شهید بهشتی.
۵. حکمتی، صحت‌الله (۱۳۸۷): سیل چیست؟ بلای طبیعی یا موهبت الهی، صفحه ۱-۱۷.
۶. خیری‌زاده آروق، منصور؛ ملکی، جبرئیل؛ عمونیا، حمید (۱۳۸۸)، پهنه‌بندی پتانسیل خطر وقوع سیلاب در حوضه مردق چای یا استفاده از مدل ANP، نشریه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۳، صص ۵۹-۳۶.
۷. عزیززاده، امین (۱۳۸۹)، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد، چاپ بیستم.
۸. غلامی، محمد؛ احمدی، مهدی (۱۳۹۸)، ریز پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در شهر لامرد با استفاده از GIS، AHP و منطق فازی، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۸، شماره ۲۰، صص ۱۱۴-۱۰۱.
۹. گنجائیان، حمید (۱۳۹۹)، مخاطرات ژئومورفولوژیکی مناطق شهری، روش‌های مطالعه و راهکارهای کنترل آن، انتشارات انتخاب، ۱۴۴ صفحه.
۱۰. محمودزاده، حسن؛ باکویی، مائده (۱۳۹۷)، پهنه‌بندی سیلاب یا استفاده از تحلیل فازی (مطالعه موردی: شهر ساری)، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۷، شماره ۱۸، صص ۶۸-۵۱.
۱۱. مرکز آمار کشور (۱۳۹۵)، سرشماری نفوس و مسکن، شهرستان سنندج.
12. Cai, Y. P., Huang, G. H., Tan, Q., Chen, B., 2011. Identification of optimal strategies for improving ecoresilience to floods in ecologically vulnerable regions of a wetland, *Journal of Ecological Modelling*, 222 (2). pp: 360-369.
13. Chaabani. C., Chini, M., Abdelfattah, R., Hostache, R., Chokmani, K., 2018. Flood Mapping in a Complex Environment Using Bistatic TanDEM-X/TerraSAR-X InSAR Coherence, *remotesensing*, 10.
14. Garde, R. J., 2006. *River Morphology*, Published by New Age International (P) Ltd, Publishers, New Delhi.
15. Parhi, P. K., 2018. Flood Management in Mahanadi Basin using HEC-RAS and Gumbel's Extreme Value Distribution, *Journal of The Institution of Engineers (India)*, 99 (4). pp: 751-755.
16. Rinat, Y., Marra, F., Zoccatelli, 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. pp: 846-860.
17. Sene, K., 2008. *Flood warning, forecasting and emergency response*. New York : Springer

18. Silva, F. V., Bonuma, N. B., Uda, P. K., 2014. Flood Mapping In Urban Area Using Hec-Ras Model Supported By GIS, International Conference on Flood Management, 9 pp.
19. Su, w., Ye, G., Yao, S., Yang, G. 2014. Urban Land Pattern Impacts on Floods in a New District of China, Sustainability, 6 (10). pp: 6488-6508.
20. The International Disaster Database (EM DAT)., 2016. <http://www.emdat.be/about>.
21. Yeganeh. N., Sabri. S., 2014. Flood Vulnerability Assessment in Iskandar Malaysia Using Multi-criteria Evaluation and Fuzzy Logic. Journal of Applied Sciences. Engineering and Technology, 8 (16). pp: 1794-1806.

