

پهنه‌بندی سیلاب شهر بندرعباس و ارزیابی روند توسعه‌ی نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق سیل خیز

معصومه اسدی*: مربی ژئومورفولوژی، گروه علوم اجتماعی دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

کامیار امامی: کارشناسی ارشد هیدروژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی محیطی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران
نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱/۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۲۶)

چکیده

سیلاب‌ها یکی از مهم‌ترین مخاطراتی است که همواره خسارت‌های جانی و مالی زیادی به همراه داشته است. مناطق جنوبی کشور به دلیل پوشش گیاهی کم و بارش‌های رگباری، پتانسیل زیادی از نظر وقوع سیلاب دارد؛ بر این اساس، در این تحقیق وضعیت سیل‌خیزی شهر بندرعباس ارزیابی شد. همچنین به منظور دستیابی به اهداف موردنظر، دو مرحله انجام شد: در مرحله اول، مناطق مستعد وقوع سیلاب شناسایی و در مرحله دوم، روند توسعه‌ی فیزیکی نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مستعد سیلاب ارزیابی شد. روش کلی کار به این صورت است که ابتدا با استفاده از مدل تلفیقی منطق فازی و AHP، مناطق مستعد وقوع سیلاب؛ سپس با استفاده از مدل LCM، روند تغییرات کاربری نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب شناسایی شد. نتایج تحقیق نشان داد که محدوده‌ی مطالعاتی، پتانسیل سیل‌خیزی بالایی دارد؛ به‌طوری که حدود ۱۷۰ کیلومترمربع از مساحت محدوده‌ی مطالعاتی دارای پتانسیل سیل‌خیزی زیاد و خیلی زیاد است که این مناطق عمدتاً شامل مناطق کم شیب و کم ارتفاع محدوده‌ی شهری و حاشیه‌ی شهری بندرعباس است. همچنین نتایج ارزیابی تغییرات کاربری اراضی نیز بیانگر این است که بخش زیادی از نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب حرکت کرد؛ به‌طوری که بر اساس نتایج حاصل شده، در سال ۱۳۹۰، ۱۰/۸ (۳۳/۵ درصد) کیلومترمربع از کاربری نواحی سکونتگاهی در طبقه‌ی پتانسیل خیلی زیاد وقوع سیلاب قرار داشت که این میزان در سال ۲۰۰۰، به ۱۲/۵ (۲۹/۱ درصد)، در سال ۲۰۱۰ به ۱۳/۹ (۲۵ درصد) و در سال ۲۰۱۹ به ۱۷/۱ (۲۲/۱ درصد) کیلومترمربع افزایش یافت. واژگان کلیدی: بندرعباس، تغییرات کاربری اراضی، سیل.

۱- مقدمه

سیل یکی از مهم‌ترین مخاطرات محیطی است که همواره خسارت‌های زیادی به همراه داشته‌است. با توجه به آمارهای ثبت‌شده و مشاهدات، در میان کلیه سوانح و بلایای طبیعی، سیل مخرب‌ترین آنها بوده‌است و بیشترین فراوانی وقوع را نیز دارد (Ganjaeian, 2020). سیلاب‌ها نه تنها در نواحی برون شهری بلکه در نواحی شهری نیز آسیب‌های فراوانی به بار می‌آورد و شدت این آسیب‌ها گاهی در نواحی شهری بیش از نواحی برون شهری است. تغییرات انسانی ایجاد شده در الگوی طبیعی سیستم‌های زهکشی در شهرها، عمدتاً به دلیل قرارگیری برخی از بخش‌های قدیمی شهرها در حاشیه رودخانه‌ها، تغییر الگوی زهکشی طبیعی حوضه‌ها به دلیل گسترش شهری و تخریب پوشش گیاهی و منابع طبیعی در حوضه‌های بالادست شهری است. امروزه افزایش جمعیت، گسترش تأسیسات صنعتی، کمبود مکان برای ساخت‌وساز به خصوص در کلان‌شهرها، به ایجاد تغییرات شدیدی در مورفولوژی حوضه‌های آبریز منجر شده‌است. همچنین تسطیح زمین و تجاوز به حریم رودخانه‌ها و مسیل‌ها، سبب تغییر الگوی زهکشی طبیعی و جاری شدن جریان در سطح شهر می‌شود (Spehr and kavian, 2014). بررسی شمار وقوع سیل در سال‌های اخیر نشان می‌دهد که دیگر سیل نه یک مصیبت ناگهانی نادر، بلکه پدیده‌ای است فزاینده که در هر بار وقوع، خسارت‌های فراوانی اعم از جانی و مالی به بار می‌آورد (Sardoo, 2009). در نتیجه‌ی دست‌اندازی در محیط‌های طبیعی، حضور ساختارهای متعدد و فقدان مقررات مناسب برای محافظت از این محیط‌ها، شرایط رویداد سیلاب فراهم می‌شود. همچنین با رشد سریع شهرسازی و ایجاد و توسعه‌ی زیرساخت‌ها، سیلاب در نواحی شهری بیشتر و شدیدتر شده‌است (Bhattacharya, 2010). در کشور ما به‌خصوص در مناطق جنوبی کشور، سیلاب‌ها به دلیل شرایط اقلیمی از رخدادهای مکرر و آسیب‌بار به شمار می‌روند. روند رو به رشد رخداد سیل در سال‌های اخیر، حاکی از آن است که اکثر شهرهای جنوبی کشور در معرض تهاجم سیلاب قرار دارند. بر اساس مطالعات انجام شده، سالانه نزدیک به ۴۰ سیل بزرگ و کوچک در نقاط مختلف کشور روی می‌دهد (Karam and Derakhshan, 2012). تجارب مطالعاتی و مدیریتی کشورهای مختلف نشان می‌دهد که اولین گام در جهت کاهش آثار زیان‌بار سیل، شناخت مناطق سیل‌گیر و پهنه‌بندی این مناطق از لحاظ میزان خطر سیل‌گیری است تا بتوان بر اساس نتایج به دست آمده با مدیریت یکپارچه و برنامه‌ریزی شهری، تا حد ممکن از آثار زیان‌بار سیلاب‌های شهری ممانعت کرد (Ahmadzadeh et al, 2015). هدف از این پژوهش، شناسایی مناطق مستعد سیلاب شهر بندری و استراتژیک بندرعباس با استفاده از GIS، تطبیق این نقشه با نقشه‌ی توسعه‌ی نواحی سکونتگاهی به دست آمده از مدل LCM در سنجش از دور - که حاصل از تصاویر ماهواره‌ای است - و شناسایی مناطق در معرض خطر سیل است. ذکر این امر لازم است که نتایج تحقیقات قبلی بیشتر درباره‌ی پهنه‌بندی محدوده‌ی مورد مطالعه بود و نتایج آن به طبقات سیل‌خیزی از خیلی زیاد تا خیلی کم منجر شد. اما در تحقیق حاضر، علاوه بر پهنه‌بندی منطقه با مدل AHP - که به پنج طبقه تقسیم شد - در روند توسعه‌ی سکونتگاه‌های شهری به طرف مناطق سیل‌خیز با توجه به تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ با استفاده از مدل LCM، نتایج دقیق‌تری به دست آمد که از این نتایج می‌توان در امر برنامه‌ریزی برای احداث سکونتگاه‌های جدید در شهر بندرعباس استفاده کرد.

در مورد موضوع مورد مطالعه، تحقیقات مختلفی در سطح ایران و جهان صورت گرفت که از جمله آنها می‌توان به Chen و همکاران (۲۰۰۹) اشاره کرد که مدلی برای سیلاب شهری بر پایه‌ی GIS با استفاده از رواناب سطحی تجمعی و رواناب بارندگی تهیه کردند (Chen et al, 2009). Sheghpoor و Ajdari (۲۰۱۱)، سیلاب‌های فصلی را در حوضه‌ی آبخیز قطور چای ایران بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که به روش‌ها و استراتژی‌های نوآورانه در سطح منطقه‌ای نیاز دارند (Sheghpoor and Ajdari, 2011). Al-ghamdi و همکاران (۲۰۱۲)، مکه را با استفاده از آنالیزهای مکانی در GIS از نظر خطر سیل‌گرفتگی بر پایه‌ی دو سیل مهم سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۰ پهنه‌بندی کردند و نقشه‌ی پتانسیل سیلاب شهری را در مناطق مختلف آن به دست آوردند (Al-ghamdi et al, 2012). Fernandez و Lutz (۲۰۱۰) اشاره کردند که برای پهنه‌بندی خطر سیل شهری در آرژانتین، از آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره و معیارهای فاصله تا کانال زهکشی، توپوگرافی، عمق سطح آب زیرزمینی و کاربری اراضی، استفاده و نقشه‌ی خطر سیلاب شهری را ارائه کردند (Fernandez and Lutz, 2010).

Chen و همکاران (۲۰۱۱) از ساختاری سلسله‌مراتبی، برای ارائه‌ی گزینه‌های موردنظر برای تجزیه و تحلیل وقوع سیل و تهیه‌ی نقشه‌ی خطر سیل شهر تای چونگ^۱ تایوان استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که ادغام AHP و GIS در ارزیابی خطر سیل، می‌تواند اطلاعات دقیق و مفیدی را برای مدیریت ریسک سیلاب فراهم کند (Chen et al, 2011). Stathis و Stefanidis (۲۰۱۳) با استفاده از عوامل طبیعی و انسانی، همچنین مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، به شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب پرداختند (Stefanidis and Stathis, 2013). Rahmati و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی، به پهنه‌بندی خطر سیل در بخشی از رودخانه‌ی یاسوج پرداختند. آنها با ارزیابی کارایی روش AHP، نتایج حاصل از آن را با نتایج هیدرولیکی HEC-RAS مقایسه کردند. نتایج نشان داد که روش AHP می‌تواند پیش‌بینی دقیق و قابل اطمینانی را برای میزان سیل‌گیری ارائه دهد (Rahmati et al, 2016). Kazemi و Rostami (۲۰۱۷) با استفاده از روش AHP، به پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده‌ی شهر ایلام پرداختند. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که به ترتیب ناحیه‌ی مرکزی شهر ایلام و ناحیه‌ی آزادگان، بالاترین میزان خطر سیلاب را دارد که این امر به علت تراکم بالای جمعیت و ساختمان در هر دو ناحیه، نزدیکی هر دو ناحیه به‌خصوص ناحیه‌ی مرکزی به مسیل، و بافت فرسوده و قدیمی ناحیه‌ی مرکزی است (Rostami and Kazemi, 2017). Dung و همکاران (۲۰۲۱)، به مدل‌سازی وقوع سیلاب در ویتنام پرداختند. در این تحقیق از مدل ترکیبی AHP و GIS استفاده شد. نتایج بیانگر این است که بیش از ۳۰ درصد حوضه‌ی مورد مطالعه، در طبقه‌ی پتانسیل خطرپذیری زیاد قرار دارد (Dung et al, 2021). در ایران نیز Negarsh و Darabi (۲۰۰۹)، گسترش شهر سقز و اثرات آن بر سیل‌خیزی حوضه آبریز چم سقز را مطالعه و سیل‌خیزی را به عنوان پیامد گسترش غیر اصولی آن ذکر کردند (Negarsh and Darabi, 2009). Eshghizadeh و همکاران (۲۰۱۰) برای مقابله با مشکلات سیل‌گیری شهرها، به بررسی منشأ و عوامل مؤثر بر سیلاب شهری به‌عنوان شناسنامه‌ی سیل‌گیری شهر پرداختند (Eshghizadeh et al, 2010). Amir Ahmadi و همکاران (۲۰۱۱)، به بیان بیشترین آسیب‌پذیری سیلاب در بافت قدیمی و فرسوده‌ی شهر سبزوار پرداختند (Amir Ahmadi et al, 2011). Rafiei و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از GIS و

¹ Taichung

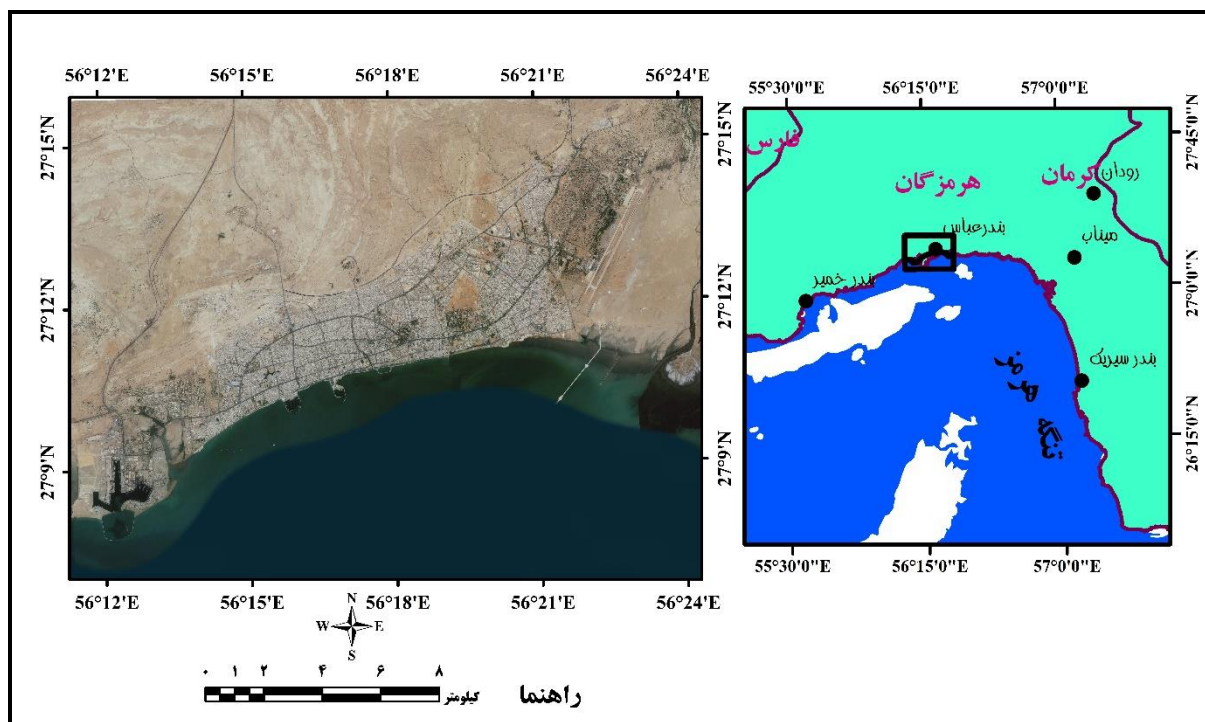
فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی، به پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری و مطالعه‌ی شهر تهران پرداختند. نتایج این پهنه‌بندی نشان داد که آبراهه‌ها و حریم آنها، همچنین نواحی مرکزی تا جنوبی شهر بیشترین پتانسیل را برای سیل‌خیزی دارند (Rafiei et al, 2013). Ahmadzadeh و همکاران (۲۰۱۵)، به بررسی و پهنه‌بندی مناطق مستعد وقوع سیل با تأکید بر سیلاب‌های شهری شهر ماکو پرداختند. نتایج نشان داد که توپوگرافی خشن، ضخامت کم عناصر منفصل روی سنگ‌بستر و ظرفیت ناچیز آنها برای نگهداشت آب، فقدان پوشش گیاهی مناسب، تجاوز به حریم سیلاب‌ها و تبدیل آنها به سطوح نفوذناپذیر، شرایط را برای جریان سیل‌های مخرب به ویژه هنگام وقوع بارش‌های رگباری در ماه‌های خشک سال مه‌یا می‌سازد (Ahmadzadeh et al, 2015). Mahmoudzadeh و همکاران (۲۰۱۵)، محدوده‌ی شهر تبریز را با استفاده از روش AHP بررسی کردند. در این تحقیق، محدوده‌های بحرانی بافت شهری در برابر سیل و آبگرفتگی مشخص و خسارت‌های ناشی از سیل، در قالب نقشه‌ی ارزیابی خسارت‌ها ارائه شد (Mahmoudzadeh et al, 2015). Hamidi و همکاران (۲۰۱۶)، نقشه‌ی خطرپذیری سیلاب در حوضه آبخیز شهری نور را تهیه کردند. در این تحقیق نتایج عضویت گوسی، بیشتر با گزارش‌های حاصل از وقایع رخداد سیل پیشین همخوانی داشت (Hamidi et al, 2016). Roustaei و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از مدل SCS-CN و GIS/RS به بررسی سیلاب حوضه آبخیز نکا رود پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که به کارگیری هم‌زمان سنجش از دور و GIS و استفاده از مدل SCS-NC، می‌تواند در تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی سیلاب مفید باشد (Roustaei et al, 2017). Rostami khalaj و همکاران (۲۰۱۹) نیز با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند متغیره، به پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری در شهرک امام علی شهر مشهد پرداختند که ۸/۲ درصد از محدوده‌ی مورد مطالعه، در طبقه‌ی خیلی پرخطر قرار گرفت که در نزدیکی خروجی حوضه و اطراف کانال اصلی قرار داشت (Rostami khalaj et al, 2019).

Abil و همکاران (۲۰۱۸)، به تحلیل مناطق بالقوه در معرض خطر سیلاب در شهر زاهدان پرداختند. در این تحقیق پتانسیل سیل‌خیزی منطقه در قالب ۵ کلاس نشان داده شد (Abil et al, 2018). Pournbi Darzi و همکاران (۲۰۲۱)، به پهنه‌بندی خطر سیل در حوضه‌ی چشمه‌کیله در شهرستان تنکابن پرداختند. در این تحقیق از مدل هیدرولیکی HEC- RAS و Arc GIS استفاده شد. نتایج به دست آمده در این تحقیق نشان داد که هر چه دوره‌ی بازگشت طولانی‌تر شود، سطح وسیع‌تری از اراضی تحت تأثیر سیل قرار می‌گیرد. همچنین بیشترین سطح سیلابی، مربوط به اراضی زراعی به وسعت ۲۴/۶ هکتار است و بعد از آن، اراضی مسکونی با وسعت ۹۴/۳ هکتار، جنگلی ۹۲/۲ هکتار و باغی ۰/۸ هکتار است (Pournbi Darzi et al, 2021).

۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

محدوده‌ی مطالعاتی تحقیق حاضر شامل محدوده‌ی شهری و حاشیه‌ی شهری بندرعباس است. شهر بندرعباس در شمال تنگه‌ی هرمز و خلیج فارس و از شمال، شرق و غرب به ترتیب شهرستان‌های حاجی‌آباد، میناب و بندرلنگه آن را محصور کرده‌اند و از جنوب نیز به آب‌های خلیج فارس محدود می‌شود. از لحاظ مختصات جغرافیایی نیز بین ۱۶° ۹' تا ۵۶° ۲۴' ۵۹" طول شرقی و ۲۷° ۸' ۵" تا ۲۷° ۱۶' ۱۹" عرض شمالی قرار گرفته‌است (شکل ۱). سیما و چهره‌ی شهر بندرعباس متأثر از عوامل طبیعی و محیطی و ساخته‌وپرداخته‌ی انسان است که گسترش ساختاری آن در طول ساحل

و به شکل خطی است. محدوده‌ی شهری بندرعباس از نظر ژئومورفولوژی، ارتفاع و شیب کمی دارد که این مسئله در کنار وضعیت پوشش گیاهی و بارش‌های رگباری منطقه سبب شده‌است که این شهر پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی در برابر خطر سیلاب داشته باشد.



شکل ۱: موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه^۱

۳- مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور دستیابی به اهداف موردنظر در دو مرحله انجام شد: در مرحله‌ی اول، مناطق مستعد وقوع سیلاب شناسایی و در مرحله‌ی دوم، روند توسعه‌ی فیزیکی نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مستعد سیلاب ارزیابی شد. داده‌های تحقیق شامل مدل رقومی ارتفاعی ۱۲/۵ متر، نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای لندست است که در جدول ۱ مشخصات آنها ذکر شده‌است. ابزارهای تحقیق شامل ARCGIS (اجرای مدل منطق فازی و تهیه‌ی نقشه‌های نهایی)، Expert Choice (اجرای مدل AHP)، ENVI (تهیه‌ی نقشه‌های کاربری اراضی) و IDRISI (ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی) است. روش کلی کار به این صورت است که ابتدا با استفاده از مدل تلفیقی منطق فازی و AHP، مناطق مستعد وقوع سیلاب؛ سپس با استفاده از مدل LCM^۲، روند تغییرات کاربری نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب شناسایی شد. در ادامه به تشریح مراحل کار پرداخته شد.

^۱ تصویر، مربوط به لندست ۸ سال ۲۰۱۹ است.

^۲ Land Change Modeler

جدول ۱: مشخصات تصاویر مورد استفاده

ردیف	تاریخ	ماهواره	سنجنده
۱	۱۹۹۰/۰۶/۱۷	لندست ۵	TM
۲	۲۰۰۰/۰۶/۱۲	لندست ۵	TM
۳	۲۰۱۰/۰۶/۰۸	لندست ۷	ETM
۴	۲۰۱۹/۰۶/۱۷	لندست ۸	OLI

- مرحله‌ی اول: (شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب)

در این مرحله ابتدا محدوده‌ی مطالعاتی مشخص شد، سپس با توجه به وضعیت منطقه و نظرات کارشناسان، از ۵ پارامتر ارتفاع، شیب، کاربری اراضی، لیتولوژی و فاصله از رودخانه به عنوان پارامترهای مؤثر در شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب استفاده شد. پس از تهیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر پارامتر، لایه‌ها با استفاده از منطق فازی، استانداردسازی شد. پس از استانداردسازی، به منظور وزن‌دهی به لایه‌ها از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. به منظور اجرای مدل AHP از نظرات کارشناسان (۵ متخصص ژئومورفولوژی) و نرم‌افزار Expert Choice استفاده شد. پس از مشخص کردن وزن هر لایه (از طریق مقایسه‌ی زوجی پارامترها)، در محیط ARCGIS وزن به دست آمده بر روی آن لایه اعمال شد و در نهایت با استفاده از گامای فازی، لایه‌های اطلاعاتی باهم ترکیب و نقشه‌ی نهایی مناطق مستعد وقوع سیلاب تهیه شد.

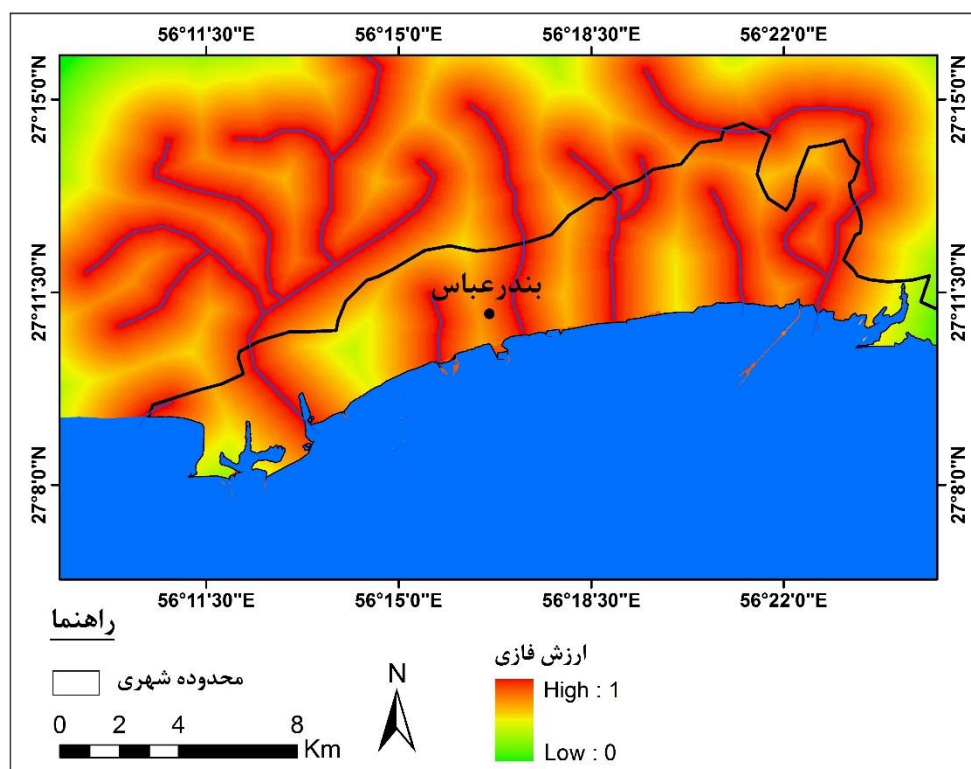
- مرحله‌ی دوم: (ارزیابی روند توسعه‌ی نواحی سکونتگاهی)

پس از شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب، به منظور ارزیابی روند توسعه‌ی نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب، از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۹ استفاده شد. پس از تهیه‌ی تصاویر، ابتدا پیش‌پردازش‌های لازم بر روی تصاویر شامل تصحیحات رادیومتریک و اتمسفری در نرم‌افزار ENVI انجام، سپس با استفاده از روش حداکثر احتمال، نقشه‌های کاربری اراضی محدوده‌ی مطالعاتی مربوط به سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۹ تهیه شد. پس از تهیه‌ی نقشه‌های کاربری اراضی، به منظور ارزیابی روند تغییرات کاربری نواحی سکونتگاهی از نرم‌افزار IDRISI و مدل LCM استفاده شد. این مدل به دو ورودی برای مقایسه نیاز داشت که برای این منظور، از نقشه‌ی کاربری اراضی سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۹ استفاده شد. پس از وارد کردن اطلاعات، کاهش و افزایش هر کدام از کاربری‌ها، میزان تغییر هر کاربری به کاربری دیگر محاسبه شد.

۴- بحث و نتایج

شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب: با توجه به اهمیت شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب، در این پژوهش با استفاده از ۵ پارامتر فاصله از رودخانه، ارتفاع، شیب، لیتولوژی و کاربری اراضی، مناطق مستعد وقوع سیلاب در محدوده‌ی شهری و حاشیه‌ی شهری بندرعباس شناسایی شد. انتخاب پارامترها با توجه به وضعیت ژئومورفولوژی محدوده‌ی مطالعاتی صورت گرفت. در ادامه به تشریح پارامترهای مورد استفاده پرداخته شده‌است:

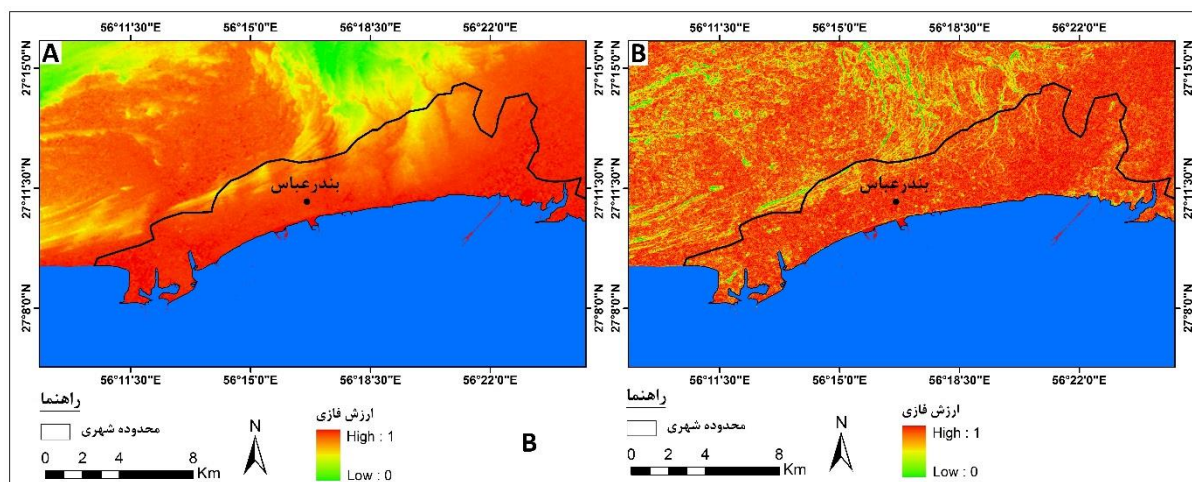
- **فاصله از رودخانه:** فاصله از رودخانه یکی از مهم‌ترین عوامل در پتانسیل سیل‌خیزی مناطق محسوب می‌شود. مناطقی که در نزدیکی جریان و رودخانه واقع شده‌اند، بیشتر در معرض خطر سیل هستند. سرریز آب در زمان سیل باعث می‌شود که مناطق مجاور رودخانه بسیار آسیب‌پذیر باشند (Yeganeh and Sabri, 2014). بر این اساس در فازی‌سازی لایه فاصله از رودخانه، به مناطق نزدیک رودخانه، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق دور از رودخانه، ارزش نزدیک به صفر داده شد (شکل ۲).



شکل ۲: نقشه‌ی فازی شده لایه فاصله از رودخانه

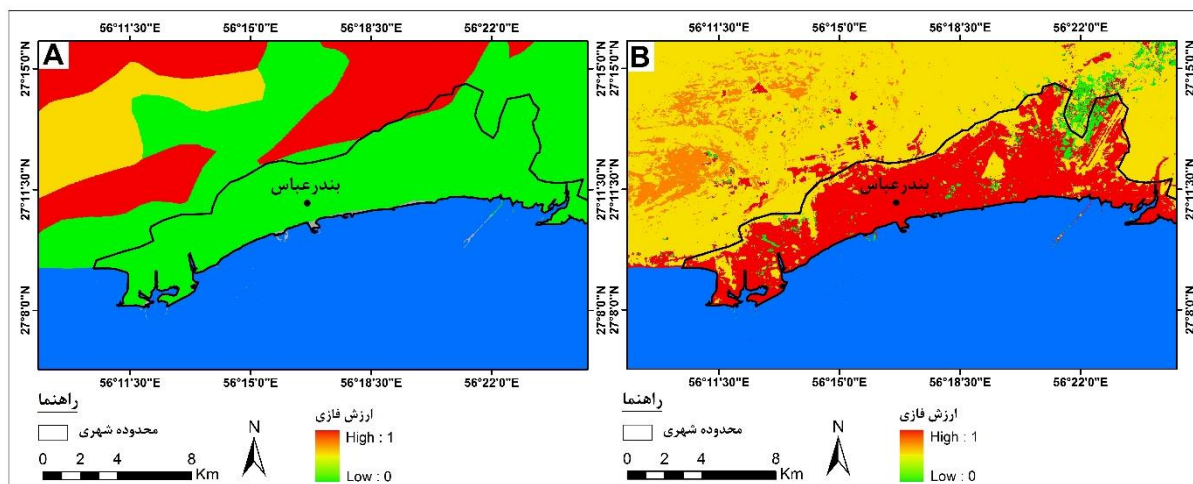
- **ارتفاع و شیب:** ارتفاع، در مقدار بارندگی، دما، میزان تبخیر و تعرق، تشعشعات خورشیدی، تشکیل و توسعه‌ی خاک، نوع و تراکم پوشش گیاهی نقش مهمی دارد و در نتیجه، بر ضریب رواناب نیز اثر می‌گذارد. به طور معمول، مناطقی که در ارتفاع پایین‌تری هستند، نسبت به مناطق بالاتر بیشتر تحت تأثیر سیل قرار دارند (Alizadeh, 2007). محدوده‌ی مطالعاتی، در بین ارتفاع ۰ تا ۱۶۹ متر از سطح دریا قرار دارد. با توجه به اینکه اختلاف ارتفاعی زیادی در محدوده وجود ندارد، اختلاف زیادی در میزان بارش و تبخیر نیز دیده نمی‌شود، اما این اختلاف ارتفاع در میزان

پتانسیل سیل خیز منطقه بسیار تأثیرگذار است؛ به طوری که مناطق دارای ارتفاع کم، پتانسیل سیل خیزی بالایی دارند. همچنین شیب نیز از عوامل تعیین کننده در پتانسیل سیل خیزی مناطق محسوب می‌شود. شیب‌های کمتر اگرچه برای توسعه‌ی شهری مناسب است، در سیل‌گیری به خصوص در جایی که در پای مخروط افکنه قرار می‌گیرند، در معرض خطر بیشتری قرار دارند. در شیب‌های بالاتر، با حجم کمتر و جریان‌های سریع‌تری از سیلاب روبرو هستیم. هرچه شیب کمتر باشد، میزان رسوب‌گذاری و ارتفاع رواناب ناشی از سیل افزایش می‌یابد که میزان خسارت را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Abroush, 2016). با توجه به موارد مذکور، در فازی‌سازی لایه‌های ارتفاع و شیب، به مناطقی که ارتفاع و شیب کمتری دارند، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطقی که ارتفاع و شیب بیشتری دارند، ارزش نزدیک به صفر داده شده‌است (شکل ۳).



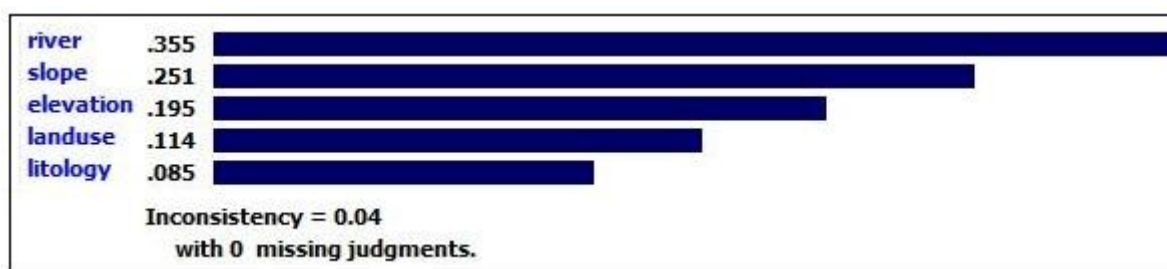
شکل ۳: نقشه‌ی فازی شده لایه‌های (A) ارتفاع، (B) شیب

- لیتولوژی و کاربری اراضی: 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 تخلیه‌ی آن را به درون آبراهه‌ی اصلی به تأخیر می‌اندازد (خیری‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸). بنابراین، مناطقی که لیتولوژی نفوذپذیری دارند (مناطق که دارای لیتولوژی آبرفتی، مارن و شیل است)، کمتر در معرض وقوع سیلاب هستند و مناطقی که لیتولوژی نفوذناپذیری دارند (مانند مناطق دارای لیتولوژی بازالت و آندزیت)، بیشتر در معرض وقوع سیلاب هستند. نوع کاربری اراضی نیز در پتانسیل سیل-خیزی مناطق نقش مهمی دارد. کاربری اراضی و تغییرات آن در طی دوره‌های مختلف می‌تواند در تشدید یا تضعیف سیلاب نقش حیاتی داشته باشد. حوادث زمین تحت تأثیر نوع استفاده از زمین و کاربری زمین است. سطوح نفوذناپذیر از جمله پوشش مناطق شهری، ظرفیت نفوذ کمتری دارند. با توجه به سطح نفوذناپذیر، تغییر در وضعیت هیدرولوژیکی و فقدان پوشش گیاهی در منطقه‌ی شهرنشین، مقدار رواناب و دبی اوج و خطر جاری شدن سیل را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Yeganeh and Sabri, 2014). با توجه به موارد مذکور، در فازی‌سازی لایه‌های لیتولوژی و کاربری اراضی به مناطقی که لیتولوژی نفوذناپذیر و پوشش گیاهی کم تراکم دارند، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطقی که لیتولوژی نفوذپذیر و پوشش گیاهی متراکم دارند، ارزش نزدیک به صفر داده شده‌است (شکل ۴).

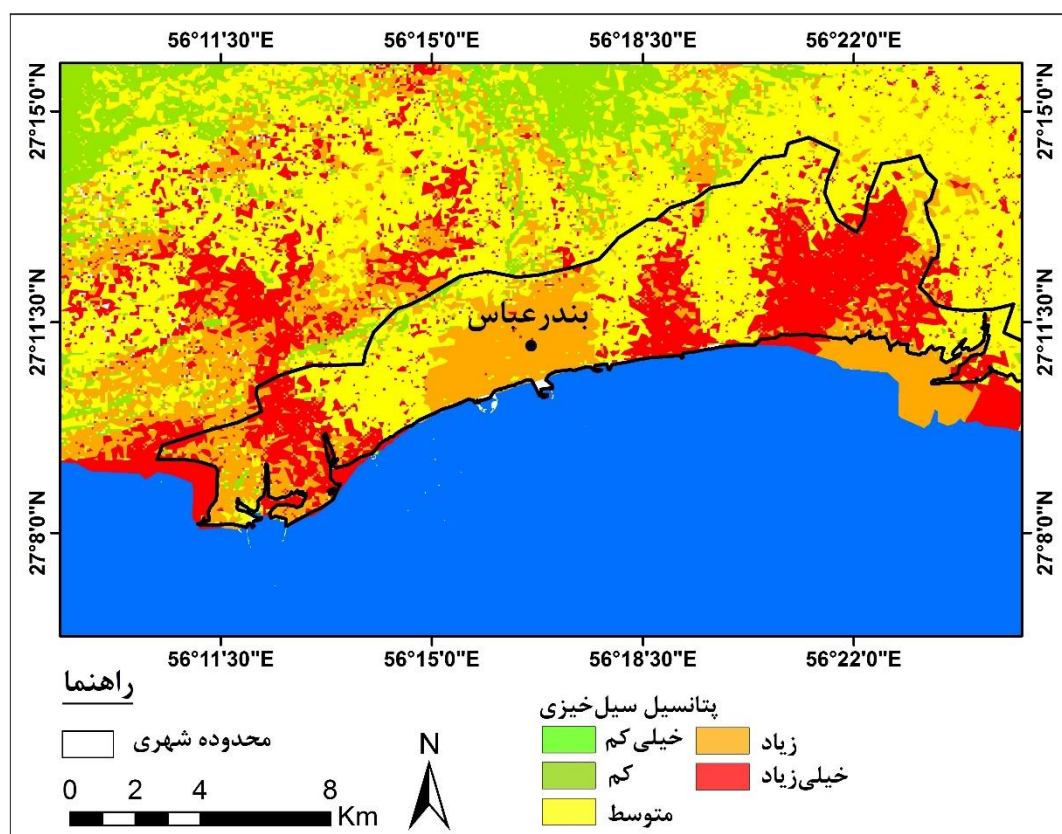


شکل ۴: نقشه‌ی فازی شده لایه‌های (A) لیتولوژی، (B) کاربری اراضی

- وزن‌دهی و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی: با توجه به اینکه ارزش و اهمیت لایه‌های اطلاعاتی یکسان نیست پس از به دست آوردن این لایه‌ها، برای وزن‌دهی به آنها از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. به‌منظور امتیازدهی به معیارها نیز از پرسش‌نامه و دیدگاه‌های کارشناسان امر (۵ متخصص ژئومورفولوژی) استفاده شد. برای اجرای محاسبات از نرم‌افزار expert choice استفاده و پس از به دست آوردن وزن‌های نهایی هر کدام از معیارها (شکل ۵) در نرم‌افزار ARCGIS بر روی داده‌ها اعمال شد. پس از وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی، وزن به دست آمده بر روی لایه‌ها اعمال شد؛ سپس لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از گامای فازی با هم تلفیق و ترکیب و در نهایت، نقشه‌ی نهایی مناطق مستعد وقوع سیلاب تهیه شد (شکل ۶).



شکل ۵: ارزش‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی بر اساس مدل AHP



شکل ۶: نقشه‌ی نهایی مناطق مستعد وقوع سیلاب در محدوده‌ی مطالعاتی

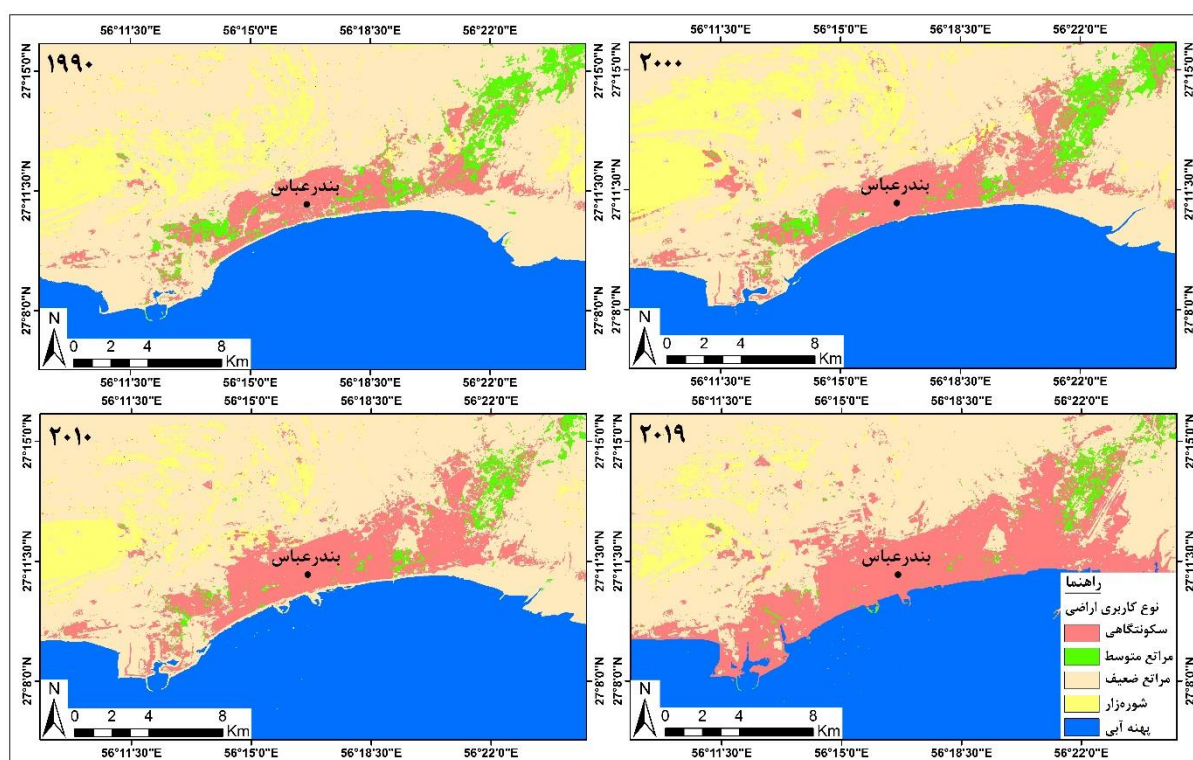
ارزیابی نتایج نهایی مناطق مستعد وقوع سیلاب (جدول ۲) بیانگر این است که بخش زیادی از محدوده‌ی مطالعاتی، پتانسیل سیل‌خیزی بالایی دارد؛ به طوری که بر اساس نتایج حاصل شده، طبقه دارای پتانسیل خیلی زیاد و زیاد برای وقوع سیلاب - با حدود ۱۲۰ کیلومترمربع وسعت - ۳۹ درصد از منطقه را شامل می‌شود که عمدتاً شامل مناطق غربی و شرقی محدوده‌ی شهری بندرعباس است که به دلیل نزدیکی به رودخانه، ارتفاع و شیب کم، پتانسیل سیل‌خیزی بالایی دارد.

جدول ۲: مساحت و درصد مساحت طبقات مستعد وقوع سیلاب

پتانسیل سیل‌خیزی	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
مساحت	۱	۴۱/۱	۱۴۵/۸	۶۱/۴	۵۹
درصد مساحت	۰/۳	۱۳/۳	۴۷/۳	۱۹/۹	۱۹/۱

ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی: در این پژوهش به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی و روند توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب، از تصاویر ماهواره‌ی لندست مربوط به سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۹ استفاده شد. به منظور ارزیابی تغییرات، ابتدا نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های مورد مطالعه تهیه شد (شکل ۸). ارزیابی نقشه‌های کاربری اراضی (جدول ۳) بیانگر این است که در طی دوره‌ی زمانی مورد مطالعه، کاربری‌های اراضی با تغییرات زیادی مواجه شده‌اند؛ به طوری که کاربری نواحی سکونتگاهی در سال ۱۹۹۰، ۳۲/۲

کیلومترمربع وسعت داشت، ولی این کاربری با روند افزایشی مواجه شد و مساحت آن در سال ۲۰۰۰ به ۴۲/۹، در سال ۲۰۱۰ به ۵۵/۷ و در سال ۲۰۱۹ به ۷۷/۴ کیلومترمربع افزایش یافت. کاربری مراتع متوسط نیز با تغییرات زیادی مواجه شد و بر خلاف کاربری نواحی سکونتگاهی، این کاربری روند کاهشی داشت؛ به طوری که در سال ۱۹۹۰، ۱۸/۴ کیلومترمربع وسعت داشت که این میزان در سال ۲۰۰۰ به ۱۷/۱، در سال ۲۰۱۰ به ۱۱/۳ و در سال ۲۰۱۹ به ۹/۱ کیلومتر کاهش یافت. کاربری مراتع نیز با تغییراتی مواجه شد؛ به طوری که این کاربری در سال ۱۹۹۰، ۲۲۰/۹ کیلومترمربع وسعت داشت که این میزان در سال ۲۰۰۰ به ۲۰۱/۴، در سال ۲۰۱۰ به ۲۲۰/۱ و در سال ۲۰۱۹ به ۲۱۸ کیلومترمربع کاهش یافت. کاربری شوره‌زار نیز در سال ۱۹۹۰ حدود ۴۸/۲ کیلومترمربع وسعت داشت که این میزان در سال ۲۰۰۰ به ۵۹/۷، در سال ۲۰۱۰ به ۳۵ و در سال ۲۰۱۹ به ۱۸/۷ کیلومترمربع کاهش یافت. همچنین کاربری پهنه آبی نیز در سال ۱۹۹۰، ۲۰۹ کیلومترمربع وسعت داشت که این میزان در سال ۲۰۰۰ به ۲۰۶/۷، در سال ۲۰۱۰ به ۲۰۵/۷ و در سال ۲۰۱۹ به ۲۰۴/۶ کیلومترمربع کاهش یافت. ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی بیانگر این است که روند افزایشی کاربری نواحی سکونتگاهی، به دلیل افزایش جمعیت و توسعه‌ی ساخت‌وسازها بود. کاهش کاربری مراتع متوسط و پهنه آبی نیز به دلیل توسعه‌ی کاربری نواحی سکونتگاهی بود که به تخریب پوشش گیاهی و پیشروی به سمت ساحل منجر شد. همچنین روند تغییرات کاربری مراتع ضعیف و شوره‌زار نیز تحت تأثیر توسعه‌ی نواحی سکونتگاهی و تغییرات اقلیمی صورت گرفت.

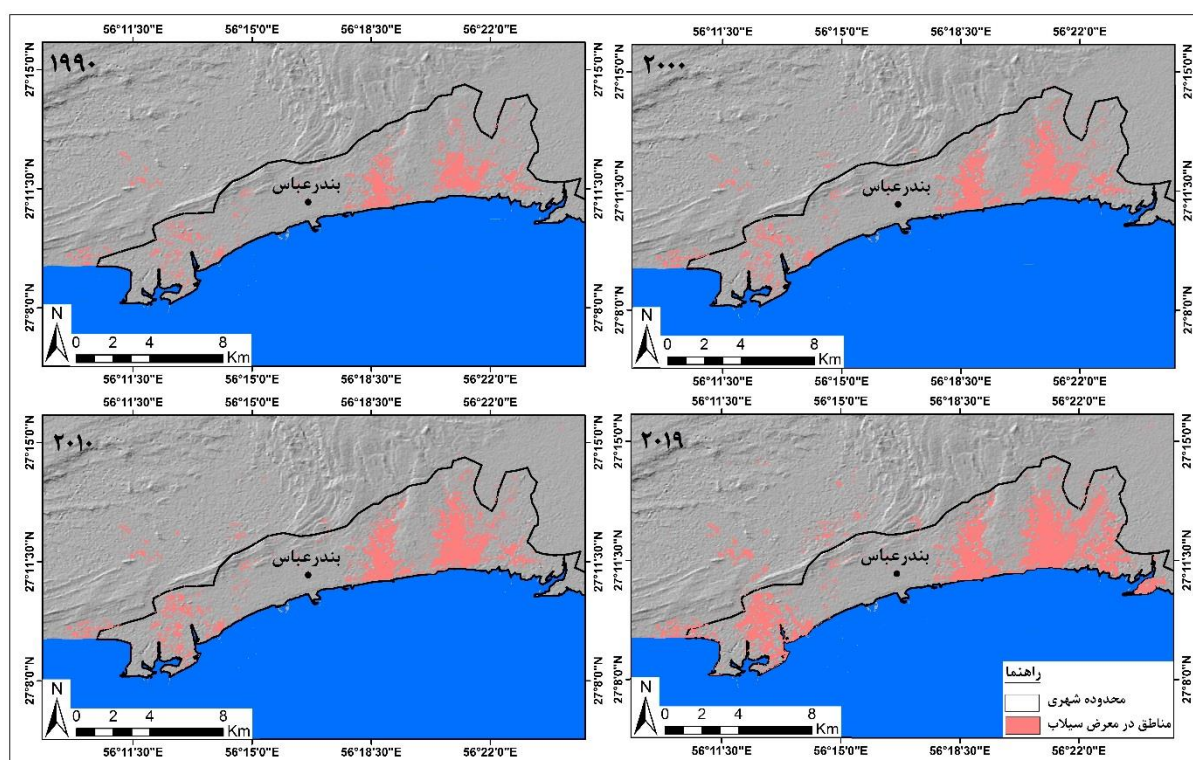


شکل ۸: نقشه‌های کاربری اراضی محدوده‌ی مطالعاتی

جدول ۳: مساحت کاربری‌های اراضی (کیلومترمربع)

سال	سکونتگاهی	مراتع متوسط	مراتع ضعیف	شوره‌زار	پهنه آبی
۱۹۹۰	۳۲/۲	۱۸/۴	۲۲۰/۹	۴۸/۲	۲۰۸
۲۰۰۰	۴۲/۹	۱۷/۱	۲۰۱/۴	۵۹/۷	۲۰۶/۷
۲۰۱۰	۵۵/۷	۱۱/۳	۲۲۰/۱	۳۵	۲۰۵/۷
۲۰۱۹	۷۷/۴	۹/۱	۲۱۸	۱۸/۷	۲۰۴/۶

ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی، بیانگر رشد قابل توجه نواحی سکونتگاهی است. در این پژوهش به منظور شناسایی نواحی سکونتگاهی در معرض سیلاب و ارزیابی روند توسعه‌ی این نواحی به سمت مناطق سیل‌خیز، نقشه‌ی توسعه‌ی کاربری نواحی سکونتگاهی در طبقه پتانسیل خیلی زیاد وقوع سیلاب تهیه شد (شکل ۹). ارزیابی این روند تغییرات بیانگر این است که در سال ۱۹۹۰، ۱۰/۸ کیلومترمربع از کاربری نواحی سکونتگاهی (۳۳/۵ درصد از کل نواحی سکونتگاهی) در طبقه پتانسیل خیلی زیاد وقوع سیلاب قرار داشت که این میزان، در سال ۲۰۰۰ به ۱۲/۵ کیلومترمربع (۲۹/۱ درصد از کل نواحی سکونتگاهی)، در سال ۲۰۱۰ به ۱۳/۹ (۲۵ درصد از کل نواحی سکونتگاهی) و در سال ۲۰۱۹ به ۱۷/۱ کیلومترمربع (۲۲/۱ درصد از کل نواحی سکونتگاهی) افزایش یافت (جدول ۴). بنابراین می‌توان گفت که در طی سال‌های اخیر، بخش زیادی از نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق سیل‌خیز حرکت کرده‌است.



شکل ۹: نقشه‌ی توسعه‌ی کاربری نواحی سکونتگاهی در طبقه پتانسیل خیلی زیاد وقوع سیلاب

جدول ۴: مساحت مناطق در معرض سیلاب در طی سال‌های مورد مطالعه (کیلومتر مربع)

سال	۱۹۹۰	۲۰۰۰	۲۰۱۰	۲۰۱۹
مساحت	۱۰/۸	۱۲/۵	۱۳/۹	۱۷/۱
درصد از کل مساحت سکونتگاه‌ها	۳۳/۵	۲۹/۱	۲۵	۲۲/۱

۵- نتیجه‌گیری

سیلاب‌ها یکی از مهم‌ترین خطراتی است که همواره خسارت‌های جانی و مالی زیادی به همراه داشته‌است. مناطق جنوبی کشور به دلیل پوشش گیاهی کم و بارش‌های رگباری، پتانسیل زیادی از نظر وقوع سیلاب دارد؛ بر این اساس در این تحقیق، وضعیت سیل‌خیزی شهر بندرعباس ارزیابی شد. به دلیل نتایج قابل قبول تحقیقات پیشین در زمینه‌ی خطر وقوع سیلاب، در این تحقیق از پتانسیل‌سنجی مناطق مستعد وقوع سیلاب با استفاده از مدل AHP و برخلاف بسیاری از تحقیقات پیشین، از روند توسعه‌ی نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق سیل‌خیز با مدل LCM استفاده شد تا بر نتایج دقیق تحقیق افزوده شود. نتایج تحقیق نشان داد که محدوده‌ی مطالعاتی، پتانسیل سیل‌خیزی بالایی دارد؛ طبقه‌ی دارای پتانسیل خیلی زیاد و زیاد برای وقوع سیلاب، با حدود ۱۲۰ کیلومترمربع وسعت، ۳۹ درصد از منطقه را شامل می‌شود که عمدتاً شامل مناطق غربی و شرقی محدوده‌ی شهری بندرعباس است. این مناطق به دلیل نزدیکی به رودخانه، ارتفاع و شیب کم، پتانسیل سیل‌خیزی بالایی دارد. بنابراین، نتایج حاصل از مدل AHP نشان داد که شهر بندرعباس در چهارچوب مورد مطالعه، پتانسیل سیل‌خیزی بالایی دارد. همچنین در این تحقیق، روند تغییرات کاربری اراضی و نواحی سکونتگاهی محدوده‌ی مطالعاتی نیز ارزیابی شد. بر اساس نتایج حاصل شده از مدل LCM، کاربری نواحی سکونتگاهی (شامل نواحی سکونتگاهی و مناطق انسان‌ساخت) با رشد زیادی مواجه شده‌است؛ به‌طوری‌که این کاربری در سال ۱۹۹۰، ۳۲/۲ کیلومترمربع وسعت داشت که این میزان در سال ۲۰۰۰ به ۴۲/۹، در سال ۲۰۱۰ به ۵۵/۷ و در سال ۲۰۱۹ به ۷۷/۴ کیلومترمربع افزایش یافت و این خود نشان می‌دهد که شهر بندرعباس چون مرکز استان هرمزگان است، به‌یقین در آینده نیز شاهد توسعه‌ی نواحی سکونتگاهی در آن خواهیم بود. ارزیابی روند مکانی تغییرات کاربری اراضی نیز بیانگر این است که بخش زیادی از نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب حرکت کرده‌است؛ به‌طوری‌که بر اساس نتایج حاصل شده، در سال ۱۹۹۰، ۱۰/۸ کیلومترمربع از کاربری نواحی سکونتگاهی در طبقه پتانسیل خیلی زیاد وقوع سیلاب قرار داشت که این میزان در سال ۲۰۰۰ به ۱۲/۵، در سال ۲۰۱۰ به ۱۳/۹ و در سال ۲۰۱۹ به ۱۷/۱ کیلومترمربع افزایش یافت. بنابراین می‌توان گفت که در طی سال‌های اخیر، بخش زیادی از نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق سیل‌خیز حرکت کرده‌است که این خود بیانگر توسعه‌ی بدون برنامه‌ریزی نواحی سکونتگاهی شهر بندرعباس است و افزایش خسارت‌های جانی و مالی در سیلاب‌های قابل وقوع (تحقیقات قبلی^۱) در سال‌های آینده را نشان می‌دهد. مجموع نتایج حاصل شده بیانگر این است که شهر بندرعباس پتانسیل سیل‌خیزی بالایی دارد، ولی توسعه‌ی نواحی سکونتگاهی بدون توجه به این مسئله صورت گرفته‌است؛

^۱ Karam and derakhshan, 2012

بنابراین، لازم است بر روند توسعه‌ی نواحی سکونتگاهی و هدایت آنها به سمت مناطق کم‌خطر نظارت بیشتری صورت گیرد.

منابع

1. Abil, A. B.; Tavousi, T.; & M. Khosravi, 2019. Analysis of potential areas at risk of urban floods Case Study of Zahedan, *Geography and Development*, 54, 91-106. (in Persian).
2. Abroush, Z., 2016. Flood risk zoning in Pardisan area of Qom with the approach of locating rescue bases, M.Sc. Thesis, University of Tehran, Faculty of Geography. (in Persian).
3. Ahmadzadeh, H.; Saeedabadi, S.; & E, Nouri, 2015. Investigation and zoning of flood prone areas up to and including urban floods (Case study: Mako city), *Hydrogeomorphology*, 2, 1-23. (in Persian).
4. Amira Ahmadi, A.; Keramati, S.; & T, Ahmadi, 2011. Flood risk microzonation within the city of Neishabour for urban development, *Urban Research and Planning*, 2(7), 91-110. (in Persian).
5. Alizadeh, A., 2007. Principles of Applied Hydrology, Imam Reza University Press, Mashhad, 20th edition. (in Persian).
6. Al-ghamdi, K. A., 2012. GIS evaluation of urban growth and flood hazards: a case study of Makkah city, Saudi Arabia, Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage, Rome, Italy, PP, 6-10.
7. Bhattacharya, N., 2010. Flood risk assessment in Barcelona, France. The Netherlands: International institute for geo-information science and earth observation Enscheda (ITC).
8. Chen, Y. R.; Yeh, C. H.; & B. Yu, 2011. Integrated application of the analytic hierarchy process and the geographic information system for flood risk assessment and flood plain management in Taiwan, *Natural hazards*, 59(3), 1261 -1276.
9. Chen, J., 2009. A GIS-based model for urban flood inundation, *Hydrology*, 373, 184-192.
10. Dung, N.; Quoc Long, N.; Tran An, D.; & D. Tuyet Minh, 2021. Multi-geospatial flood hazard modelling for a large and complex river basin with data sparsity: a case study of the Lam River Basin, Vietnam, *Earth Systems and Environment*, V 20.
11. Eshghizadeh, M.; Nader, N.; & A. Sepehri, 2010. Evaluation of suitable runoff collection areas in the watershed system, *Journal of Soil and Water Conservation Research*, 2, 36-45. (in Persian).
12. Fernández, D., & M. Lutz., (2010). Urban flood hazard zoning in Tucumán Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis. *Engineering Geology*. 111 (1), 90-98.
13. Ganjaeian, H., 2020. Geomorphological hazards of urban areas, study methods and control tools, Select Publishing, page 144. (in Persian).
14. Ghorbanzadeh, M.; Azarakhshi, M.; Masaedi, A.; Rostami, K.; & h, Mohammad, 2017. Evaluation of the efficiency of AHP method in determining areas prone to urban flood risk (Case study: Central part of Torbat-e Heydariyeh), *Natural Geography Research*, 4, 645-656. (in Persian).
15. Hamidi, N.; Vafakhah, M.; & A, Najafi, 2016. Preparation of flood risk map in Noor urban watershed using hierarchical analysis and fuzzy logic, *Watershed Management Research Journal*, 14, 11-19. (in Persian).
16. Karam, A., & F. Derakhshan., (2012). Flood zonation, flood estimation and evaluation of surface water drainage canals in urban basins.
17. Khairizadeh, A.; Maleki, G.; & H, Amunia, 2009. Zoning the potential for flood risk in the Mardagh Chay basin or using the ANP model, *Journal of Quantitative Geomorphological Research*, 3, 59-36. (in Persian).
18. Mahmoudzadeh, H.; Emami Kia, V.; & A. A. Rasouli, 2015. Flood risk zoning in Tabriz using AHP method, *Geographical Research Quarterly*, 116, 167-180. (in Persian).

19. Negargh, H., & M. Daraei., (2009). Expansion of Sazez city and its effects on flooding in Cham Sazez catchment. *Journal of Geographical Sciences Research*. 14,145-165. (in Persian).
20. Pournbi Darzi, S.; Wafakhah, M.; & M. R. Rajabi, 1400. Flood Risk Zoning Using HEC-RAS and Arc GIS Hydraulic Model (Case Study: Cheshmeh Kileh Watershed, Tonekabon), *Journal of Environmental Hazards*, 10 (27), 25-36 . (in Persian).
21. Rostami, Kh.; Mohammad, D.; & T. Teymourian, 2019. Urban flood risk zoning using multivariate decision making method (Case study: Imam Ali town, Mashhad), *Environmental Science and Technology*, 11, 173-185. (in Persian).
22. Rafiei, Y.; Salehi, I.; Farzad Behtash, M.; & M. T. Aghababaei, 2013. Urban flood risk zoning using GIS and fuzzy hierarchical analysis process (Case study: Tehran), *Environmental Studies*, 3, 179-188. (in Persian).
23. Roustaei, Sh.; Mousavi, R.; & Gh. Alizadeh Gorji, 2017. Preparation of flood zoning map of Nekarood basin using SCS-CN and GIS / RS models, *Quantitative Geomorphological Research*, 1, 108-118. (in Persian).
24. Rahmati, O.; Zeinivand, H.; & M. Besharat, 2016. Flood hazard zoning in Yasooj region, Iran, using GIS and multi-criteria decision analysis, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 17(3), 1000-1017.
25. Sepehr, A., & R. Kavian., (2014). Classification of tolerance of urban metropolitan areas of Mashhad to environmental hazards using linear programming of SIMUS periodic interaction. *geography and environmental hazards*. 9, 125-141. (in Persian).
26. sheghpoor, S. E., & B. Ajdari., (2011). A Case Study on Seasonal Floods in Iran, Watershed of Ghotour Chai Basin. *Procedia Social and Behavioral Sciences*. 19 (2011), 556-566.
27. Rostami, N., & Y. Kazemi., (2017). Flood risk zoning in the city of Ilam using AHP and GIS methodology. Research Project, Ilam University (in Persian).
28. Soleimani Sardoo, F., 2009. Priority of effective regions on flood peak by using of RS & GIS Techniques and HEC- HMS model at Halilrud, Isfahan University of Technology, Faculty of Natural Resources, p, 130.
29. Stefanidis, S., & D. Stathis., (2013). Assessment of flood hazard based on natural and anthropogenic factors using analytic hierarchy process (AHP). *Natural hazards*. 68(2), 569-585.
30. Yeganeh. N., & S. Sabri., (2014). Flood Vulnerability Assessment in Iskandar Malaysia Using Multi-criteria Evaluation and Fuzzy Logic. *Journal of Applied Sciences. Engineering and Technology*. 8 (16), 1794-1806.

Flood zoning of Bandar Abbas city and evaluation of the development trend of residential areas towards flood areas

Masumeh_Asadi¹: *Instructor of Geomorphology, Department of Social Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran*

Kamyar Emami: *Masters of Geomorphology-Hydrogeomorphology in Environmental planning. Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran*

Article History (Received: 2021/01/27

Accepted: 2021/05/16)

Extended abstract

1- Introduction

An examination of the number of floods in recent years shows that floods are no longer a rare sudden disaster, but a growing phenomenon that, at any given time, causes a lot of damage, including life and death. As a result of interference in natural environments, the presence of multiple structures, and the lack of appropriate measures to protect these environments, flood conditions are provided. Also, with the rapid growth of urban development and the creation and development of infrastructure, floods in urban areas have become more and more severe. In our country, especially in the southern regions of the country, due to climatic conditions, floods are frequent and harmful. The growing trend of floods in recent years suggests that most of the country's southern cities are at risk of flooding. According to studies, about 40 large and small floods occur in different parts of the country every year. Experimental and managerial experience of different countries shows that the first step in reducing the harmful effects of floods is to identify flooding areas and zoning of these areas in terms of flood risk so that based on the results obtained with integrated management. And comprehensive urban planning prevented the harmful effects of urban floods as much as possible. This study aims at identifying potential flood areas of Bandar Abbas and Bandar Abbas strategic city using GIS, and adapting this map to the development plan of residential areas obtained from LCM model in remote sensing of satellite images as well as determining the flood risk areas.

2-Materials and methods

In this study, two steps have been taken to achieve the desired goals. In the first stage, using five height parameters, slope, land-use, lithology, and river mile have been used as effective parameters in identifying flood-prone areas. After preparing the information layers for each parameter, the layers are standardized using fuzzy logic. After standardizing the layers, a hierarchical analysis model (AHP) was used to weight the layers. After determining the weight of each layer, in the ArcGIS environment, the weight obtained is applied to that layer, and finally, using fuzzy gamma, the information layers are combined, and the final map of flood-prone areas is prepared. In the second phase, satellite imagery from the 1990s, 2000s, 2010, and 2019 was used to assess the development of residential areas to prone to flood-prone areas. After preparing the images, in the ENVI software, first the necessary pre-processing on the images, including radiometric and atmospheric studies, has been done, and then by using the maximum probability method, land-use maps of the study area related to

¹ Corresponding Author, Email: asadi_zhina@yahoo.com.

the 1990s, 2000s, prepared in 2010 and 2019, were presented. After preparing the land use maps, IDRISI software and the LCM (Land Change Modeler) software were used to evaluate the trend of land-use change in residential areas.

3-Discussion and results

Evaluation of the final results of flood-prone areas indicates that a large part of the study area has a high flood-rising potential, so based on the results, the class has a very high potential for floods, 88 km² (equivalent to 28.7% of the study area). The study area includes mainly areas close to the river, low-slope, and low-lying areas. Also, the class with a very low potential for flooding includes 24 km² (equivalent to 7.8% of the study area) of the study area, which mainly includes the highlands and the northern slope of the study area. In addition, the results of the assessment of land-use changes indicate that land-use has undergone many changes during the study period, and the use of residential areas has increased. Assessing the trend of changes, shows that the increasing trend of use of residential areas has been due to population growth and construction development. The decrease in the use of vegetation and water area is also due to the development of the use of residential areas, which has caused the destruction of vegetation and the progress towards the coast. Also, the trend of changes in the use of weak pastures and salt marshes has been affected by the development of residential areas and climate change.

4-Conclusion

The results indicate that the study area has a high potential for flooding, so that about 170 km² of the study area (equivalent to 55% of the study area) have a high and very high flood potential these areas mainly include low-slope and low-lying areas of the urban area and the suburbs of Bandar Abbas. Therefore, in terms of used parameters, the city of Bandar Abbas has a high potential for flooding. Also, in this research, the trend of land-use changes and residential areas of the study area has been evaluated. According to the results, the use of residential areas (including residential areas and man-made areas) has grown so much that in 1990, this area was 32.2 km², which in 2000 to 42.9, and in 2010 it increased to 55.7 km² and in 2019 to 77.4 km². Assessing the spatial trend of land use changes indicates that a large part of the residential area has moved to areas prone to flooding. According to the results, in 1990, 14.2 km² of residential areas were located on the potential floor of many floods, which in 2000 to 16.4, in 2010 to 21.9 and in 2019, it has increased to 28.1 km². Therefore, it can be said that in recent years, a large part of the residential areas has moved to flood-prone areas.

5-Keywords: Bandar Abbas, Flood, Land use change