

ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در منطقه مکران با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS

علی خلیلی*^۱، آریان اسروش^۲

۱- دکترا، گروه رایانه، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه امام افسری علی (ع)

۲- کارشناسی ارشد برنامه ریزی منطقه‌ای، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۱۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۲۴

چکیده

فجایع طبیعی از جمله سیلاب‌ها در دو دهه اخیر به خصوص در قاره آسیا و کشور ایران به دلیل توسعه‌های افسارگسیخته شهرها، که بحران گرمایش کره زمین را به همراه داشته‌است، به صورت فزاینده‌ای رو به افزایش بوده‌است. این مساله با توجه به خسارات گسترده انسانی و مالی که با خود به بار می‌آورد، درخور توجهی فوق‌العاده است. مکران یا مکوران واقع در سواحل جنوب شرقی ایران، منطقه‌ای در حال توسعه است که به لحاظ ملی، اهمیتی راهبردی داشته و در سال‌های اخیر مورد توجه سرمایه‌گذاران جهانی بوده‌است. در نتیجه بررسی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در این منطقه می‌تواند در کاهش هزینه‌های انسانی و به خصوص مالی مدیریت پیش از وقوع حادثه و کاهش اثرات سوء ناشی از آن مؤثر باشد. بدین ترتیب برای انجام این ارزیابی پنج شاخص به کار گرفته شدند و به روش تحلیلی سلسله‌مراتبی (AHP) وزن‌دهی شدند و برای وزن‌دهی به معیارها با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice وزن نهایی معیارها محاسبه شد. در آخر، تحلیل‌های فضایی با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS انجام شدند.

واژه‌های کلیدی: سیلاب، آسیب‌پذیری، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، منطقه مکران، ArcGIS

مقدمه

سیلاب‌ها یکی از رایج‌ترین و گسترده‌ترین حوادث طبیعی هستند که خسارات گسترده‌ای به بار آورده‌اند. در بیست سال گذشته در (۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵) نزدیک به نود درصد فجایع، مرتبط با اقلیم^۱ بوده‌اند و نزدیک به چهل و هفت درصد این فجایع را حوادث سیلابی تشکیل داده‌اند. در این دوره در حدود ۲.۳ میلیارد نفر تحت آثار سوء حوادث سیلابی قرار گرفته‌اند که نود و پنج درصد این مردم در ساکن قاره آسیا بوده‌اند (UNISDR; CRED, 2015). این حوادث در هر سال به طور میانگین باعث پدید آمدن خسارت ۴۰ میلیارد دلاری در سطح جهان می‌شوند (OECD, 2016).

رشد شهرسازی در سال‌های گذشته بسیار گسترده بوده است. این رشد شهری در سه دهه گذشته که همراه با گسترش شهرها، قطع جنگل‌ها و ... بوده است، زمینه‌ساز افزایش سطوح نفوذناپذیر در شهرها و سایر محیط‌ها شده است. این مسئله باعث شده است که زمان به اوج رسیدن دبی آب در آبراه‌ها بسیار کاهش یابد که به معنای افزایش ریسک وقوع سیلاب است (Siminovic & Nirupama, 2007). انباشت سرمایه (گسترش شهرها، صنایع و ...) در دشت‌های سیلابی همراه با تغییرات اقلیمی که تغییر در الگوهای بارش را به همراه خواهد داشت، نشان‌گر خطر بالقوه جدی در آینده است (OECD, 2016) این مسئله با توجه به آن که در حدود ۷۴ درصد جمعیت ایران (نزدیک به ۵۹ میلیون نفر) در شهرها زندگی می‌کنند (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵) اهمیت دوچندان پیدا می‌کند.

حوادث طبیعی در ایران نیز بسیار گسترده هستند به طوری که ایران در این زمینه پس از چین و هندوستان، رتبه سوم را در قاره آسیا دارد. کشور ایران در سی سال گذشته سیلاب‌های فاجعه‌بار متعددی را تجربه کرده است. سیلاب‌های سال ۱۳۸۰ در استان گلستان با ۴۱۰ تن تلفات و سال ۱۳۹۵ در استان خوزستان با ۱۰۵۳۰ میلیارد ریال خسارت، از زیان‌بارترین سیلاب‌های کشور ایران تا ابتدای سال ۱۳۹۶ بوده‌اند (معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی مجلس، ۱۳۹۶).

بحران‌های طبیعی (از جمله سیلاب) پدیده‌هایی پیچیده هستند که برای مقابله با آن نهادهای مختلفی با خود درگیر می‌کنند و آمادگی و سرعت عمل چنین نهادهایی در کاهش خسارات این فجایع ضروری است. پژوهش‌های ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب می‌توانند پیش از وقوع سیلاب‌ها در ارتباط با شناسایی نواحی آسیب‌پذیر اطلاعات مؤثری برای نهادهای دخیل در مدیریت بحران فراهم آورد.

محدوده مورد مطالعه

منطقه مکران که بخش غالب آن واقع در سواحل استان سیستان و بلوچستان است، به دلیل مجاورت با دریای عمان، بندر چابهار و بندر جاسک و البته موقعیت به‌خصوص آن در خشکی، می‌تواند نقش راهبردی در مقیاس ملی ایفا کند. اهمیت این منطقه به‌نحوی است که بنا بر دستورات فرمانده معظم کل قوا و قانون برنامه پنجساله ششم توسعه ملی، توسعه این منطقه در اولویت برنامه‌های توسعه قرار دارد. (سازمان برنامه و بودجه کشور، ۱۳۹۵)

¹ Weather-related



شکل ۱ - محدوده مورد مطالعه

روش تحقیق

هدف این پژوهش ارزیابی و شناسایی پهنه‌های آسیب‌پذیری منطقه مکران در برابر آسیب‌های ناشی سیلاب است و لذا به لحاظ نوع پژوهش، در دسته پژوهش‌های کاربردی قرار دارد. در این پژوهش با استفاده از روش تحلیلی انجام شده و منابع مورد نیاز به روش اسنادی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. همچنین برای افزایش روایی پژوهش از روش تحلیلی سلسله‌مراتبی AHP بهره برده شده و برای انجام محاسبات مربوط به آن از نرم‌افزار Expert Choice استفاده شده‌است. در آخرین گام نیز از نرم‌افزار ArcGIS برای انجام تحلیل‌های فضایی استفاده شده‌است.

معیارهای ارزیابی آسیب‌پذیری

برای برگزیدن شاخص‌های مؤثر بر آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب، پژوهش‌های متعدد مرتبط با این موضوع مرور شدند و شاخص‌های پرتکرار مؤثر بر آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب استخراج شده‌است. بر اساس این بررسی پنج معیار شیب، ارتفاع، بافت فرسوده، کاربری اراضی، فاصله از سکونتگاه‌های روستایی و فاصله از آبراهه و مسیل‌ها عناصر مؤثر بر موضوع هستند. در جدول زیر اشاره به هر یک از معیارها در منابع مختلف مشخص شده‌است.

جدول ۱ - فراوانی معیارهای مؤثر بر آسیب‌پذیری در منابع مختلف

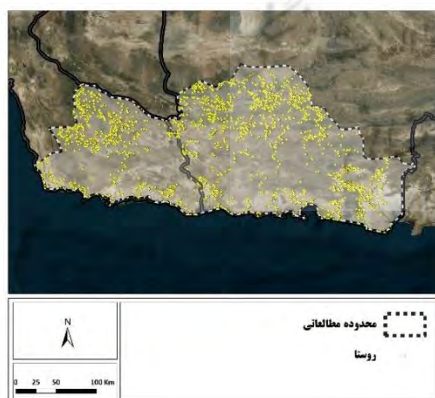
معیار منبع	نزدیکی به رودخانه‌ها	شیب زمین	کاربری اراضی	ارتفاع زمین	نزدیکی به سکونتگاه‌های روستایی*
(Abebe, Kabir, & Tesfamariam, 2018)	✓	✓	✓	✓	-
(López-Valencia, 2019)	-	-	✓	✓	-
(Haile Erna & Worku, 2019)	-	✓	-	-	-
(Mundhe, Deshmukh, & Vyas, 2017)	✓	✓	-	-	-

معیار منبع	نزدیکی به رودخانه‌ها	شیب زمین	کاربری اراضی	ارتفاع زمین	نزدیکی به سکونتگاه‌های روستایی*
شاخص آسیب‌پذیری سیلاب یونسکو ^۱ (FVI)	✓	✓	✓	-	-

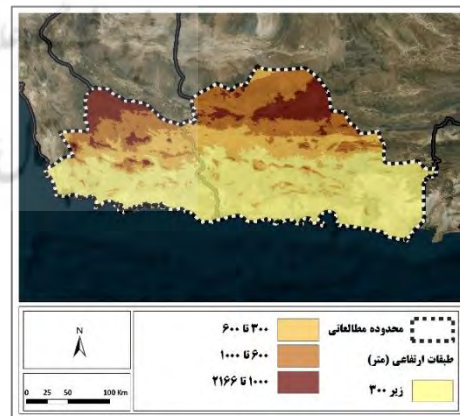
* توضیحات مربوط به این شاخص در ادامه ارائه شده‌است

نزدیکی به رودخانه‌ها از مهم‌ترین عوامل موثر بر آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب‌ها است چرا که در فصول پربارش، با طغیان رودخانه‌ها جریان‌های آب جاری شده پهنه‌های آغازین وقوع سیلاب‌ها هستند. ارتفاع زمین نیز عامل موثر دیگری است که در آن با کاهش شاخص مربوطه، احتمال وقوع سیل بیشتر است. شیب اراضی نیز از دیگر شاخص‌های مهم است که با کاهش آن، آسیب‌پذیری در برابر سیل افزایش می‌یابد. کاربری اراضی نیز از دیگر شاخص‌های موثر است که به دلیل تاثیر بر میزان نفوذ آب در زمین می‌تواند منجر به گسترش یا محدود شدن سیلاب‌ها در منطقه شود و به همین سبب اهمیت دارد.

نزدیکی به سکونتگاه‌های روستایی شاخصی متفاوت با شاخص‌های پیشین است، چرا که مفهوم سکونتگاه‌های شهری در اطلاعات کاربری اراضی در قالب محدوده‌های شهری وجود دارد، اما سکونتگاه‌های روستایی که به لحاظ توسعه‌های منطقه‌ای بسیار حائز اهمیت هستند در این لایه اطلاعاتی منعکس نشده‌اند. از طرفی به دلیل در دسترس نبودن اطلاعات محدوده روستاهای محدوده مطالعاتی از مختصات آن‌ها استفاده شد، و لذا فاصله از سکونتگاه‌های روستایی به عنوان یک شاخص به دیگر شاخص‌های ارزیابی افزوده شد. ویژگی‌های فضایی هر یک از شاخص‌های ارزیابی منطقه مکران در نقشه‌های زیر آمده‌است.

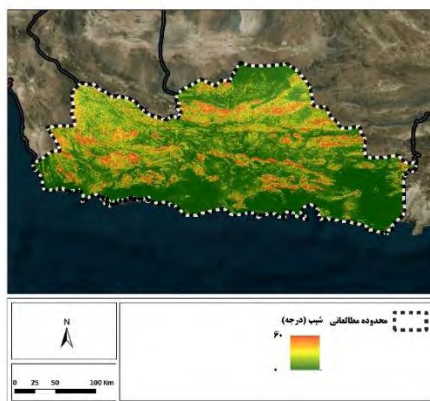
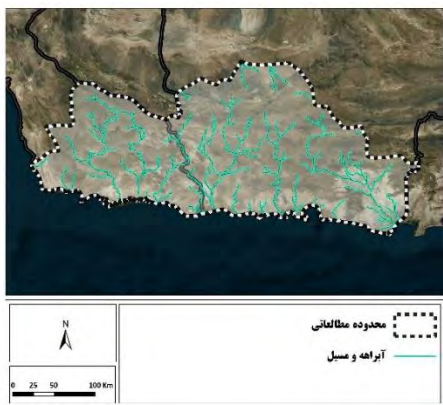


نقشه ۲ - موقعیت روستاها



نقشه ۱ - طبقات ارتفاع زمین

¹ Flood Vulnerability Index (FVI)



روش تحلیلی سلسله‌مراتبی

برای نظام یافتن تحلیل معیارها از روش تحلیلی سلسله‌مراتبی^۱ استفاده شد که در آن پس از تعیین هدف، معیارها مؤثر بر هدف به عناصری ساده‌تر تقسیم شده و وزن‌دهی می‌شوند. این روش به دلیل سادگی، منعطف و قوی بودن کاربردهای متعددی در علوم مختلف داشته‌است. تفکیک عناصر مهم به عناصر ساده‌تر در این روش باعث شده‌است تا بتوان مفاهیم پیچیده را به صورت ساده بحث کرد.

معیارهای مؤثر بر آسیب‌پذیری که در بخش قبل ارائه شدند را می‌توان به دو دسته کلی عناصر انسانی-اجتماعی و عناصر طبیعی تقسیم کرد. شکل ۲ ساختار سلسله‌مراتبی معیارهای مؤثر بر آسیب‌پذیری را نشان می‌دهد. پس از تفکیک هدف پژوهش به عناصر سلسله‌مراتبی خردتر، عناصر هم‌ردیف به صورت دو-دوئی^۲ با یکدیگر مقایسه شده و با

¹ Analysis Hierarchical Process (AHP)

² Pairwise

استفاده از آن ضریب اهمیت (وزن) هر یک از زیرمعیارها به دست آید. در مقایسه دو-دوئی، ارجحیت هر یک از معیارها بر مبنای مقیاس ۹ کمیتی توماس ال ساعتی صورت می پذیرد که در جدول ۲ توضیح داده شده است (زبردست، ۱۳۸۰)

جدول ۲ - جدول امتیازات نه کمیتی روش تحلیلی سلسله مراتبی

تعریف	امتیاز (شدت ارجحیت)
ترجیح یکسان (Equally preferred)	۱
کمی مرجح (Moderately preferred)	۳
ترجیح بیشتر (Strongly preferred)	۵
ترجیح خیلی بیشتر (Very strongly preferred)	۷
کاملاً مرجح (Extremely preferred)	۹
ترجیحات بینابینی (وقتی حالت های میانه وجود دارد)	۲، ۴، ۶، ۸

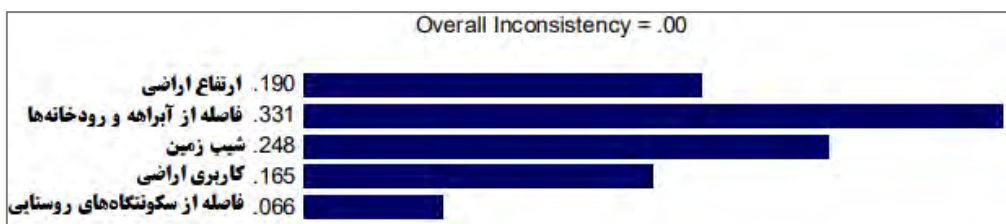
منبع: (زبردست، ۱۳۸۰، ص. ۱۷)

بر این اساس، معیارهای موثر بر آسیب پذیری ناشی از سیلاب به گروه کلان عناصر انسانی-طبیعی و عناصر محیطی تقسیم شده اند که در شکل ۲ قابل مشاهده است. همچنین برای افزایش سرعت و دقت محاسبات در روش مذکور، از نرم افزار Expert Choice استفاده شد و وزن های نهایی با نرخ ناسازگاری^۱ ۰.۰۰ محاسبه شد که نتایج آن در شکل ۳ قابل مشاهده است.



شکل ۲ - ساختار سلسله مراتبی معیارهای موثر بر آسیب پذیری ناشی از سیلاب

^۱ Consistency Ratio



شکل ۳ - وزن نهایی معیارهای پنج‌گانه ارزیابی

برای ارزیابی منطقه مکران لایه‌های اطلاعات فضایی منطقه با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS با در نظر گرفتن وزن‌های محاسبه‌شده با یکدیگر ادغام می‌شوند. اما پیش از آن لازم است تا اطلاعات شاخص‌ها نرمال‌شده و نسبت به یکدیگر هم‌سوسازی شوند که در این پژوهش هم‌سوسازی با استفاده از روش معکوس‌سازی، و نرمال‌سازی با استفاده از رابطه (۱) زیر صورت گرفته‌است (کلانتری، ۱۳۹۶) اما برای افزایش دقت محاسبات، مقادیر حاصل در عدد ۱۰۰۰ ضرب شده‌اند.

$$\text{رابطه (۱)} \quad \text{Normalized value} = \frac{x - \min}{\max - \min} * 1000$$

یافته‌های پژوهش

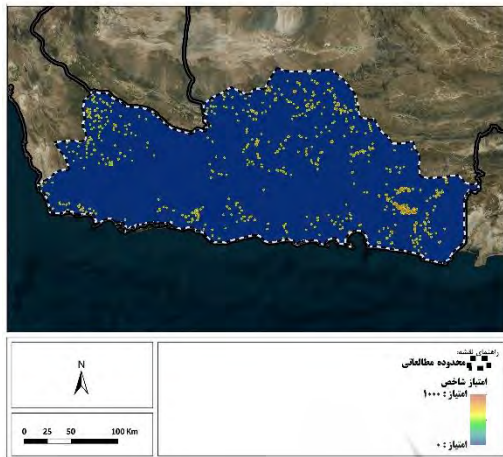
پس از ایجاد، نرمال و هم‌جهت‌سازی لایه‌های اطلاعاتی منطقه مکران مطابق روشی که شرح داده‌شد، خروجی نهایی با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS ایجاد شد. با توجه به نتایج، بخش غالبی از منطقه مکران در نواحی با آسیب‌پذیری کم یا متوسط قرار دارند که این مساله به دلیل پراکنده بودن عناصر موثر بر آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در این منطقه است. بر این اساس، تنها در حدود ۶.۲ درصد نواحی در پهنه با آسیب‌پذیری بسیار زیاد، و ۸.۷ درصد در پهنه با آسیب‌پذیری زیاد قرار دارند، و بخش اعظمی از این محدوده که نزدیک به ۸۹ درصد منطقه مکران را تشکیل می‌دهد، در پهنه‌های با آسیب‌پذیری کم یا متوسط قرار دارند.

جدول ۳ - سهم پهنه‌های آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در منطقه مکران

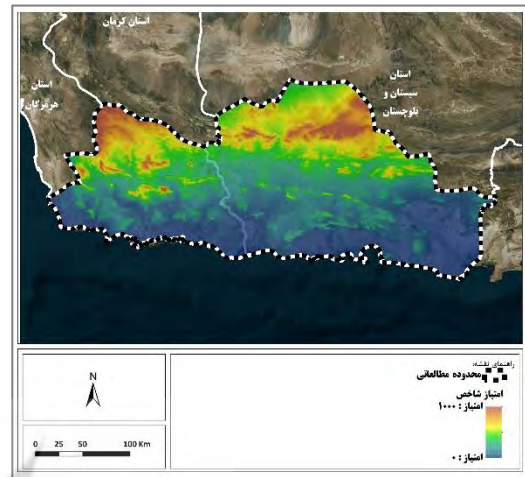
سهم (درصد)	پهنه
۴۰.۴	آسیب‌پذیری کم
۴۴.۶	آسیب‌پذیری متوسط
۸.۷	آسیب‌پذیری زیاد
۶.۲	آسیب‌پذیری بسیار زیاد

همچنین بر اساس نتایج به دست آمده از ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در منطقه مکران، شهرهای فنوج و انکهرن را می‌توان به عنوان آسیب‌پذیر شهرها در برابر سیلاب دانست، چرا که شهر فنوج به دلیل نزدیکی به رودخانه و شهر انکهرن به دلیل دو عامل نزدیکی و همچنین ویژگی‌های محیطی (شیب و ارتفاع) محدوده فراگیر آن جزو آسیب‌پذیرترین نواحی در برابر سیلاب تلقی می‌شوند. همچنین در سایر شهرهایی که در حریم رودخانه‌ها قرار گرفته‌اند، شامل شهرهای قصرقند، نیکشهر، بنت، اسپکه، در خطر آسیب‌پذیری بیشتری قرار دارند. همچنین نواحی

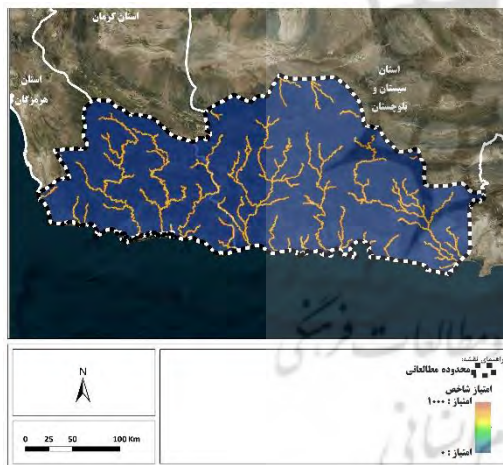
جنوب شرقی منطقه مکران که خوشه‌هایی از سکونتگاه‌های روستایی وجود دارد، در پهنه‌های پرخطر قرار گرفته اند که به دلیل نزدیکی به حریم رودخانه‌ها است. لازم به ذکر است که نتایج به دست آمده ماهیتی نسبی دارند و کم خطر بودن یک پهنه، به معنای بی خطر بودن آن نیست، بلکه به لحاظ اولویت بندی رسیدگی و پیش بینی تمهیدات پیش گیرانه حائز اهمیت است.



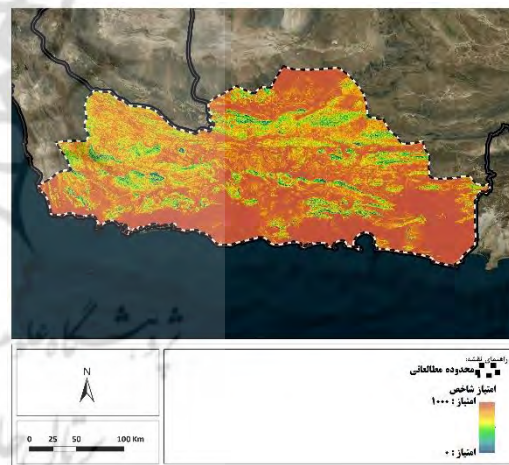
نقشه ۷ - خروجی نرمال شده موقعیت روستاها در منطقه مکران



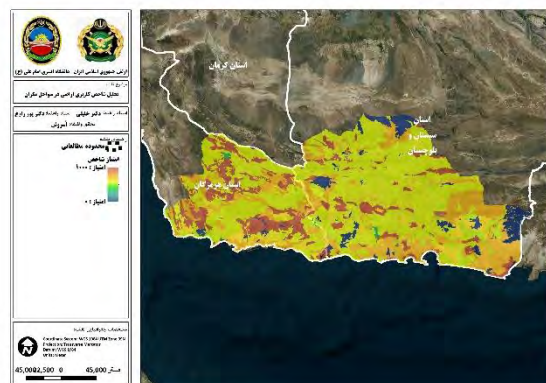
نقشه ۶ - خروجی نرمال شده طبقات ارتفاع زمین



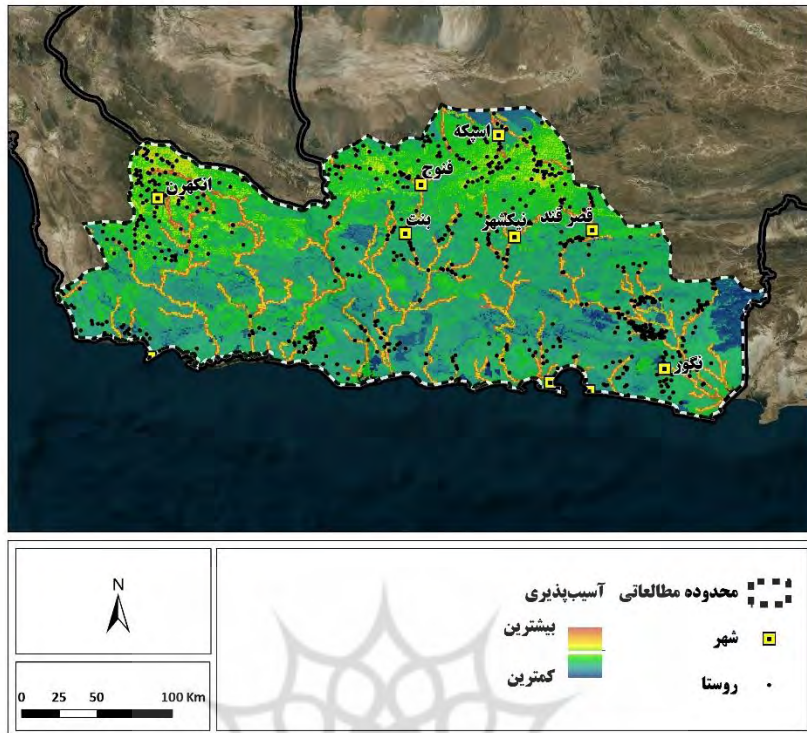
نقشه ۹ - خروجی نرمال شده رودخانه‌ها



نقشه ۸ - خروجی نرمال شده شیب اراضی



نقشه ۱۰ - خروجی نرمال شده فاصله از رودخانه‌ها



نقشه ۱۱ - نتایج ارزیابی آسیب پذیری در منطقه مکران

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
 برتال جامع علوم انسانی

نتیجه گیری

در این پژوهش اهمیت راهبردی منطقه مکران یا مکوران، که در مقیاس ملی و منطقه‌ای حائز اهمیت است، و همچنین ضرورت ارزیابی آسیب پذیری سیلاب، که به دلیل نواسانات اقلیمی در مقیاس جهان منجر به افزایش سیلاب‌ها، به ویژه آسیا، شده است، مورد توجه قرار گرفتند تا این منطقه از لحاظ آسیب پذیری در برابر سیلاب ارزیابی شد. بدین منظور از پنج زیرمعیار شیب زمین، ارتفاع زمین، فاصله از رودخانه، کاربری اراضی و فاصله از سکونتگاه‌های روستایی برای ارزیابی بهره گرفته شد که به روش تحلیلی سلسله‌مراتبی (AHP) و با استفاده از نرم افزار Expert Choice وزن دهی شدند. بر اساس مقایسات زوجی در فرایند تحلیلی سلسله‌مراتبی معیارهای فاصله از رودخانه (۰.۳۳۱)، شیب زمین (۰.۲۴۸) و ارتفاع زمین (۰.۱۹۰) به ترتیب بیشترین ضریب اهمیت را به خود اختصاص داده‌اند. پس از آماده‌سازی اطلاعات با بهره‌گیری از نرم افزار ArcGIS تحلیل‌های فضایی صورت گرفته و لایه‌های اطلاعاتی با احتساب اوزان با یکدیگر ادغام شدند. بر اساس نتایج ارزیابی، شهرهای فنوج و انکهرن آسیب پذیرترین سکونتگاه‌های شهری در این منطقه هستند. همچنین نواحی جنوب شرقی استان نیز که به دلیل وجود متعدد رودخانه‌ها در آن از پهنه‌های آسیب پذیر محسوب می‌شود، باید مورد توجه قرار گیرد چرا که نزدیکی خوشه‌های سکونتگاه‌های روستایی به این ناحیه می‌تواند خطر آفرین باشد.

منابع

1. Abebe, Y., Kabir, G., & Tesfamariam, S. (2018). Assessing urban areas vulnerability to pluvial flooding using GIS applications and Bayesian Belief Network model. *Cleaner Production*, 1629-1641.
2. López Valencia, A. (2019). Vulnerability assessment in urban areas exposed to flood risk: methodology to explore green infrastructure benefits in a simulation scenario involving the Cañaveralejo River in Cali, Colombia. *Natural Hazards*, 217-245.
3. Haile Erena, S., and H. Worku. 2019. Urban flood vulnerability assessments: the case of Dire Dawa city, Ethiopia. *Natural Hazards*, 97(1): 495-516.
4. Mundhe, N., Deshmukh, S., & Vyas, A. (2017). GIS Based Urban Flood Vulnerability Analysis in Western Zone of Ahmedabad City. *International Journal of Research in Geography*, 41-51.
5. OECD. (2016). *Financial management of flood risk*. Paris: OECD Publishing.
6. UNISDR; CRED. (2015). *The human cost of weather-related disasters 1995-2015*. UNISDR.
7. UNESCO-IHE. *Flood Vulnerability Index (FVI)*
۸. زبردست، ا. (۱۳۸۰). کاربرد «فرایند تحلیل سلسله مراتبی» در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای. هنرهای زیبا، ۱۳-۲۱.
۹. سازمان برنامه و بودجه کشور. (۱۳۹۵). *قانون برنامه پنجساله ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران* (۱۳۹۶-۱۴۰۰).
۱۰. کلانتری، خ. (۱۳۹۶). مدل‌های کمی در برنامه‌ریزی (منطقه‌ای، شهری و روستایی). تهران: انتشارات فرهنگ صبا.
۱۱. مرکز آمار ایران. (۱۳۹۵). *نتایج کلی سرشماری نفوس و مسکن*. تهران: مرکز آمار ایران.
۱۲. معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی مجلس. (۱۳۹۶). *بررسی وضعیت سیل در کشور؛ اقدامات انجام شده و تجربیات سایر کشورها*. تهران: مرکز پژوهش‌های شورای اسلامی.