

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و شش، شماره یک، فروردین ماه ۱۴۰۳ (۷۴-۶۳)

## شناسایی مناطق تحت تاثیر خطر سیلاب و ارائه راهکارهای عملیاتی جهت کاهش تلفات آهوان در سطح منطقه حفاظت شده مند

اسماعیل عباسی<sup>۱</sup>

هانا اعتمادی<sup>۱\*</sup>

[H.etemadi@pgu.ac.ir](mailto:H.etemadi@pgu.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۹

### چکیده

**زمینه و هدف:** سیلاب‌ها به عنوان یکی از مهمترین مخاطرات طبیعی، سالانه خسارات جانی و مالی جبران‌ناپذیری را در مناطق تحت سیطره خود بر جای می‌گذارند. با توجه به حضور آهوی ایرانی و خطر انقراض آنها بر اثر تلفات ناشی از سیلاب در منطقه حفاظت شده، مند، شناسایی مناطق تحت تاثیر سیلاب و ارائه راهکارهای عملیاتی جهت کاهش تلفات این گونه جانوری از اهمیت بسزایی برخوردار است و از اهداف اصلی این پژوهش می‌باشد.

**روش بررسی:** در این پژوهش برای مدلسازی و پهنه‌بندی سیلاب از متغیرهای پوشش گیاهی، تراکم زهکشی، فاصله از آبراهه، جنس زمین، کاربری اراضی، بارش، شیب زمین و انحنای زمین استفاده شده است.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که در زمان رخداد سیلاب‌ها با دوره بازگشت دو ساله، پهنه سیلاب مساحتی به اندازه ۱۸۵۰ هکتار از سطح منطقه حفاظت شده را تحت تاثیر قرار داده است. این پهنه برای سیلاب‌ها با دوره بازگشت پنج ساله به میزان ۴۳۰۰ هکتار افزایش یافته است. همینطور پهنه اثرگذاری سیلاب برای سیلاب با دوره بازگشت ۱۰ ساله به ۲۲۷۰۰ هکتار می‌رسد.

**بحث و نتیجه گیری:** با توجه به نقشه‌های استخراج شده و بازدیدهای میدانی مشخص گردید از جمله اقدامات عملیاتی در پهنه زیستگاهی مطلوب آهوان و در واقع یکی از بهترین راهکارهای کاهش تلفات آهوان ایجاد سکوها با ارتفاع کم در سطح منطقه می‌باشد. موقعیت این سکوها با توجه به نقشه پهنه‌بندی سیل در منطقه، حضور آهوان و نقاط تجمع آنها و مکان‌های با تلفات سنگین این گونه جانوری در سیلاب‌های گذشته در سطح منطقه حفاظت شده مند انتخاب گردیده است.

**واژه‌های کلیدی:** پهنه‌بندی خطر سیلاب، مدل HEC-RAS، رودخانه مند، آهوی ایرانی، منطقه حفاظت شده مند.

## **Identify areas affected by flood risk and provide operational solutions to reduce deer losses in the Mond protected area**

**Esmail Abbasi**<sup>1</sup>

**Hana Etemadi**<sup>1\*</sup>

[H.etemadi@pgu.ac.ir](mailto:H.etemadi@pgu.ac.ir)

Admission Date: December 1, 2021

Date Received: August 31, 2021

### **Abstract**

**Background and Objective:** Floods, as one of the most important annual natural hazards, cause irreparable human and financial losses specially in coastal area and delta rivers. Based on the presence of Iranian deer and the risk of their extinction due to flood losses in the protected area Mond, identifying areas affected by floods and providing operational solutions to reduce the losses of this species became vitally important. So, it is the main purposes of this study.

**Material and Methodology:** Vegetation cover, drainage density, distance from waterway, land type, land use, rainfall, land slope and land curvature have been used for modeling and zoning of floods in this study area

**Findings:** Results show that around 1850 hectares of the protected area affected in flood time with a return period of two years. The flood zone increased by 4300 hectares with a five-year return period. Also, the flood impacted area reached to 22,700 hectares in flood with a 10-year return period.

**Discussion and Conclusion:** According to the output maps and field data, it was concluded that the creation of low-rise platforms in the optimal habitat of deer would be the best ways to reduce deer losses by flooding. The location of these platforms chooses based on the flood zoning map, the deer presence and gathering points as well as the places with heavy loss of deers in previous floods.

**Keywords:** Flood-Risk zoning, HEC-RAS model, Mond river, Iranian deer, Mond protected area

---

1- Assistant professor of Environment Department, Persian Gulf Research Institute, Persian Gulf University, Bushehr, Iran. \*(Corresponding Author)

## مقدمه

مدل‌سازی و شبیه‌سازی‌های عددی در حال حاضر به عنوان یکی از مهمترین و مناسب‌ترین ابزارها جهت آگاهی از رخداد پدیده‌های جوی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مدل‌ها می‌توانند به امر پیش‌بینی پدیده‌های مختلف جوی در مقیاس‌های محلی، منطقه‌ای و سیاره‌ای بپردازند. یکی از مهمترین مدل‌هایی که امروزه در جهان به صورت گسترده مورد استفاده محققان قرار گرفته است، مدل پیش‌بینی عددی WRF می‌باشد. اخیراً سیلاب‌های ناشی از وقایع فرین جوی در مقایسه با سایر بلایای طبیعی، باعث ایجاد آسیب شدیدتری در کره زمین می‌گردند (۱). برای به حداقل رساندن آثار این مخاطره طبیعی، مدل‌های مختلف هیدرولوژیکی (مانند مدل‌های فیزیکی، مفهومی، تجربی و احتمالاتی) جهت پیش‌بینی سیل توسط محققان در سراسر جهان اجرا می‌شود (۲). یک پایگاه داده جهانی مربوط به مرکز تحقیقات اپیدمیولوژی مخاطرات و همینطور دفتر کاهش خطرات سوانح وابسته به سازمان ملل تایید نمودند که بیش از ۴۳ درصد از وقایع غیر منتظره در سال ۲۰۱۸ مربوط به سیلاب‌ها هستند. بطور گسترده در منابع اذعان شده است که اقلیم کره زمین در حال تغییر است و در نتیجه ما طغیان رودخانه‌ها را بیشتر تجربه خواهیم کرد (۳). با توجه به خشکسالی‌های متوالی در سال‌های اخیر تراکم پوشش گیاهی در منطقه حفاظت‌شده مند کاهش یافته است به طوری که منجر به بروز سیلاب‌های فصلی شدید در کرانه‌های رودخانه مند شده و تهدید جدی برای حیات وحش منطقه به شمار می‌رود. از جمله گونه‌های مهم آسیب‌پذیر نسبت به سیلاب گونه آهوی گواتردار (*Gazella subgutturosa*) است که از اهمیت حفاظتی ملی و بین‌المللی برخوردار است. آهوی ایرانی از جمله گونه‌های دشت‌زی است که نوسان‌های جمعیتی آن در چند دهه اخیر زیاد بوده (۴) و تغییرات جمعیتی آن در کشور روندی کاهشی داشته است. البته آغاز سیر قهقرایی و کاهش محسوس در جمعیت آهوان ایران به اوایل دهه ۱۳۳۰ (زمان پیدایش وسایل تندروری صحرائی، سلاح و ادوات پیشرفته شکار و صید) برمی‌گردد (۵). اولین قدم جهت مدیریت سیل، تشخیص مناطق

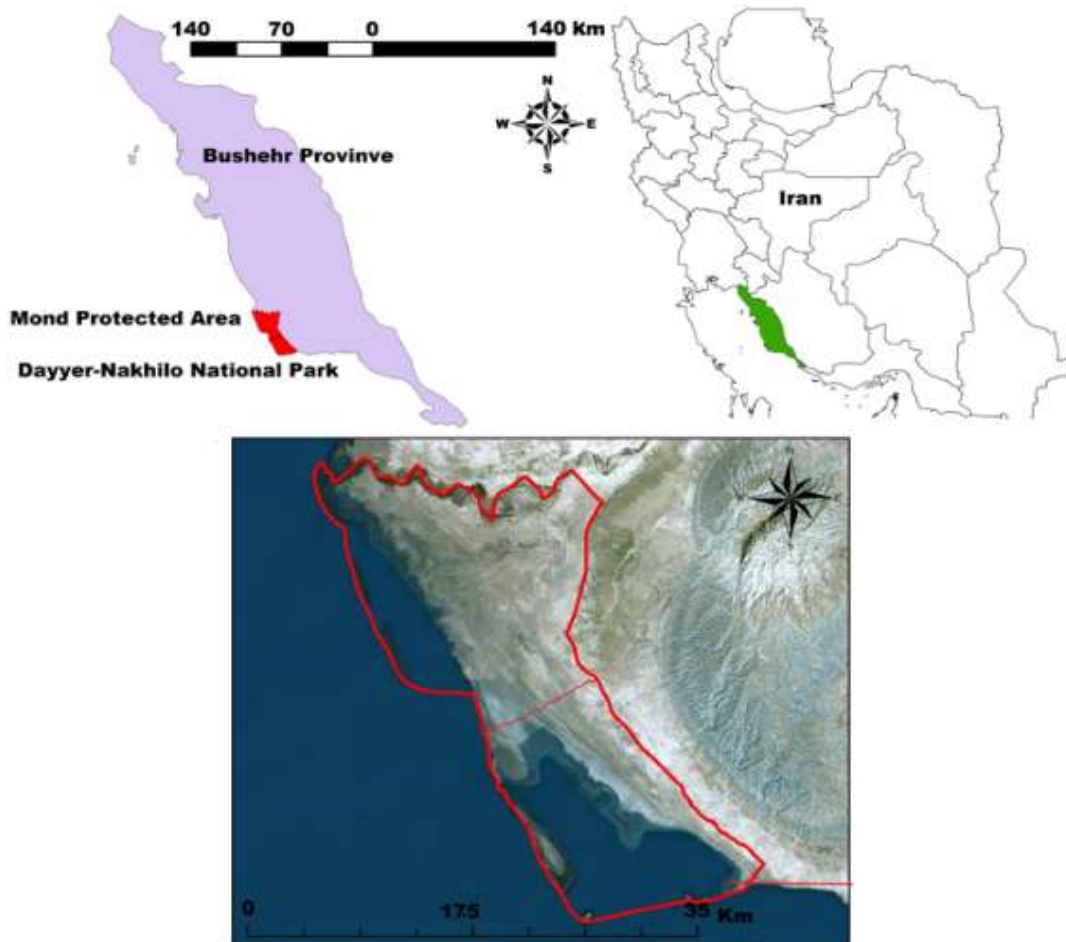
دارای پتانسیل سیل‌خیزی و تهیه نقشه سیل‌گرفتنی یا همان نقشه پهنه‌بندی سیلاب می‌باشد. روش‌های موجود برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی را می‌توان به چهار گروه عمده تقسیم‌بندی نمود (۶): محاسبه دستی، مشاهده ای و استفاده از داغاب سیلاب، تصاویر هوایی منطقه و استفاده از مدل‌های ریاضی. کلیه روش‌های فوق جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی سیل، احتیاج به تعیین تراز جریان سیلاب و انتقال رقوم سطح آب روی نقشه-های توپوگرافی دارند، و تفاوت عمده بین این روش‌ها در نحوه تعیین پروفیل سطح آب می‌باشد. در واقع در یک اکوسیستم رابطه بین شیب، خاک، آب، پوشش گیاهی و پوشش جانوری بسیار حایز اهمیت است (۷). چندین مدل عددی با قابلیت‌های مختلف شامل مدل‌های یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی جهت شبیه‌سازی جریان سیل وجود دارد. در میان این مدل‌های هیدرودینامیکی، مدل‌های دو بعدی مناسبتر هستند (۸). با این حال مدل‌های دو بعدی و نتایج حاصل از شبیه‌سازی تحت تاثیر عوامل عدم قطعیت می‌باشد (مانند داده‌های ورودی، ساختار مدل و پارامترهای مدل) که باید از طریق کالیبراسیون و به کمک داده‌های سیلاب‌های گذشته تصحیح شوند (۹). یکی از این مدل‌های دو بعدی که در این تحقیق هم به کار گرفته شده است مدل HEC-RAS می‌باشد. مطالعات زیادی در این باره صورت گرفته است که در ادامه به تعدادی از آنها اشاره می‌گردد. Dinka و Tamiru (۲۰۲۱) طی مطالعه‌ای با عنوان کاربرد روش ANN و مدل HEC-RAS جهت پهنه‌بندی طغیان سیل در حوضه رودخانه بارو آکوبو در اتیوپی به این نتیجه رسیدند که ادغام این مدل با روش ANN بعد از کالیبراسیون و انجام اعتبارسنجی دارای ۹۶ درصد اعتبار می‌باشد و ادغام این دو باهم دقت پیش‌بینی را نسبت به مدل‌های سنتی افزایش می‌دهد. Ogras و Onen (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای با عنوان تجزیه و تحلیل سیل با استفاده از مدل HEC-RAS بر روی رودخانه دجله به ارزیابی مناطق سیل زده و تولید نقشه خطر سیل پرداختند. Stoleriu و همکاران (۲۰۲۰) نیز طی مطالعه-ای با عنوان پهنه‌بندی و بهبود نقشه خطر سیل با استفاده از

بخش برخون از توابع شهرستان دیر در ۲۷ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۵ دقیقه طول شرقی واقع گردیده است. این منطقه که در گروه مناطق حفاظت شده ساحلی- دریایی قرار می‌گیرد در شمال از حد غربی زمین‌های زراعتی قریه زیروود در جنوب رودخانه مند به طرف غرب در امتداد جاده جیب رو منتهی به رودخانه مند سپس در امتداد حد شمالی رودخانه فوق تا دلتای رودخانه (خور زیارت) در غرب از خور زیارت به طرف جنوب در امتداد حاشیه خلیج فارس تا دماغه خورخان و از دماغه خورخان به طرف خط مستقیم مفروض غربی- شرقی تا حد فاصل دریا با خشکی و سپس به طرف جنوب در امتداد حاشیه خلیج فارس تا حدود ۵ کیلومتر پیشرفته و به طرف شمال به خطی تقریباً مستقیم به روستای زیدون می‌رسد.

داده‌های LIDAR و مدل HEC-RAS به این نتیجه رسیدند که داده‌های LIDAR و مدل HEC-RAS قادر هستند خطاهای ایجاد شده در پهنه‌های سیلابی را به حدقل ممکن برسانند. همینطور Salman و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی با عنوان پهنه‌بندی دشت سیلابی با استفاده از GIS و مدل HEC-RAS دوره‌های بازگشت سیلاب ۱۰ و ۱۰۰ ساله را برای دشت نارای استخراج نموده و به نتایج قابل قبولی رسیدند. اما هدف از انجام مطالعه حاضر پهنه‌بندی سیلاب و ارائه راهکارهای عملیاتی جهت کاهش تلفات آهوان بر اثر سیلاب- های فصلی در سطح منطقه حفاظت شده مند می‌باشد.

### منطقه مورد مطالعه

منطقه حفاظت شده مند در جنوب ایران و در ۱۴۶ کیلومتری جنوب شرقی استان بوشهر در منطقه جلگه ای - کویری در



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

Figure 1. Location of study area

## داده‌ها و روش‌ها

متغیرهای بسیاری در پتانسیل‌یابی سیلاب‌تاثیر گذار هستند. آنچه در تمامی این روش‌ها حائز اهمیت است متغیرهای تاثیرگذار در ایجاد سیل می‌باشد. در این پژوهش جهت پهنه-بندی سیلاب از متغیرهای پوشش گیاهی، تراکم زهکشی، فاصله از آبراهه، جنس زمین، کاربری اراضی، بارش، شیب زمین و انحنای زمین استفاده شده است. داده‌های اولیه این متغیرها باید به صورت لایه‌های مکانمند باشند. در این پژوهش سعی شده است این لایه‌ها (بر مبنای محدوده مورد مطالعه) به دقیق‌ترین حالت ممکن استخراج شوند. نقشه‌های تراکم زهکشی و فاصله از آبراهه نیز طی مراحل ابتدایی به استخراج شبکه زهکشی از طریق سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به کمک مدلسازی شبکه‌های هیدرولوژیکی منطقه از طریق مدل رقومی ارتفاع (DEM) با قدرت تفکیک مکانی ۱۲٫۵ متر صورت گرفت و بعد از استخراج این شبکه‌ها به کمک ابزارهای تحلیل فضایی ArcGIS 10.6 نقشه‌های فاصله و تراکم استخراج گردید. نقشه جنس زمین از روی نقشه‌های زمین-شناسی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور تهیه گردید. نقشه‌های کاربری اراضی برای پهنه‌بندی سیلاب از طریق به روز رسانی نقشه‌های کاربری اراضی سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری آماده شد؛ این به روز رسانی با کمک تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه کاربری اراضی از طریق آنها صورت گرفت. نقشه‌های شیب زمین و انحنای زمین نیز از طریق تحلیل فضایی از روی DEM استخراج شد. در این تحقیق به منظور شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه و پهنه‌بندی سیل از سیستم اطلاعات جغرافیایی (الحاقیه HEC-GeoRAS) و نرم افزار HEC-RAS استفاده شد، که توانایی بسیار بالایی در شبیه‌سازی شرایط رودخانه و دشت سیلابی آن دارد. همین‌طور این مدل به دلیل انطباق با شرایط هندسی طبیعی رودخانه‌ها، سهولت و عمومیت کاربرد آن در مطالعات رودخانه‌ای بیشتر استفاده شده است (۶). مدل HEC-RAS به دلیل محبوبیت نسخه یک بعدی آن و قابلیت ایجاد پیش‌بینی در نسخه دو بعدی آن در سال ۲۰۱۶ جهت مطالعات آینده

غذایی کره زمین در دسترس عموم قرار گرفت (۱۶-۱۴). در این پژوهش با ورود دبی سیل ۳۰ اسفند سال ۱۳۹۵ (دبی اوج ۳۲۱۶ متر مکعب بر ثانیه) و معرفی ضرایب زبری و مشخصات هندسی کانال، مدل HEC-RAS اجرا شد و پهنه سیلاب، عمق و سرعت جریان آب در هر نقطه محاسبه شد. همین‌طور پهنه‌بندی سیلاب برای دوره بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ ساله که به ترتیب دارای حدکثر دبی لحظه‌ای ۱۵۷۶، ۲۸۱۸/۳ و ۳۷۶۴/۸ متر مکعب در ثانیه بوده است انجام گردید.

## نتایج

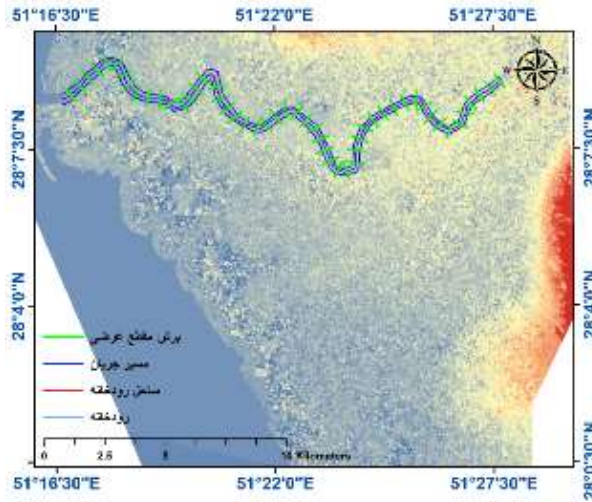
نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل HEC-RAS برای دوره‌های بازگشت دو، پنج و ده ساله و همین‌طور برای نرخ دبی ۳۲۱۶ متر مکعب بر ثانیه (واقعه ۳۰ اسفند سال ۱۳۹۵) از دقت بسیار مناسبی برخوردار می‌باشد. به طوریکه در زمان رخداد سیلاب با دوره بازگشت دو ساله تقریباً ۱۸۵۰ هکتار از سطح منطقه حفاظت شده درگیر سیلاب می‌گردد. این سطح از پهنه سیلاب در سطح منطقه حفاظت شده در زمان رخداد سیلاب‌ها با دوره بازگشت پنج ساله به تقریباً ۴۳۰۰ هکتار و در دوره بازگشت ۱۰ ساله به ۲۲۷۰۰ هکتار رسیده است. خروجی مدل در زمان اوج دبی سیلاب (سیل ۳۰ اسفند سال ۱۳۹۵ به عنوان یکی از بحرانی-ترین سیل‌های رخ داده تاکنون) نشان داد که به استثنای بخش‌هایی اندکی از منطقه مورد مطالعه (منطقه حفاظت شده مند) می‌توان گفت تمامی منطقه تحت تاثیر سیلاب قرار گرفته است. همچنین مشاهدات میدانی نشان داد که با توجه به شیب کم و مسطح بودن منطقه حفاظت شده مند، عمق آب به طور معمول کمتر از ۳۰ سانتی‌متر بوده است. مطالعات میدانی و نقشه تهیه شده از خطر رخداد سیلاب در منطقه حفاظت شده مند نشان داد سه نقطه معروف به برید، رود بر و چم شیخ، مناطق ورود آب به سطح منطقه در صورت بروز سیلاب هستند، که با ارائه راهکارهای مدیریتی صحیح با توجه به حساسیت منطقه حفاظت شده (به لحاظ عدم دخالت محسوس عوامل انسانی) می‌توان از تلفات آهوان (به عنوان یکی از گونه‌های

جانوری در معرض خطر انقراض) در اثر سیلاب‌های فصلی ایجاد شده توسط رودخانه مند جلوگیری نمود. با توجه به نقشه‌های استخراج شده و بازدید های میدانی مشخص گردید از جمله اقدامات عملیاتی در پهنه زیستگاهی مطلوب آهوان ایجاد سکوهایی با ارتفاع کم در سطح منطقه (محل تجمع آهوان) می-باشد. این سکوها (سه سکو با اولویت اول و سه سکو با اولویت دوم) با توجه به نقشه پهنه‌بندی سیل در منطقه، حضور آهوان و نقاط تجمع آنها و مکان‌های با تلفات سنگین این گونه جانوری در سیلاب‌های گذشته به عنوان بهترین راهکار جهت کاهش تلفات آهوان در سطح منطقه حفاظت شده مند انتخاب گردید.

#### بحث

در واقع سیلاب دشت‌ها و مناطق مجاور رودخانه‌ها، که بیشترین فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی و بعضاً محیط زیستی در آنها صورت می‌گیرد پیوسته در معرض خطر سیل قرار دارند و ضروری است که در این گونه مناطق، محل‌های سیل‌گیر در دوره بازگشت‌های مختلف در نقشه پهنه‌بندی سیل مشخص شود (۱۷). جهت شبیه‌سازی بهتر جریان و پهنه‌بندی سیل برای بازه‌ای به طول تقریبی ۲۹ کیلومتر از پل بردخون به بعد، تعداد ۵۲ مقطع عرضی با فواصل مختلف به کار گرفته شده است. برای این منظور از مقادیر ثبت شده دبی در ایستگاه هیدرومتری قنطره واقع بر روی رودخانه مند و برای دوره‌های بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ ساله استفاده شده است. این مقادیر برای دوره‌های بازگشت مذکور به ترتیب ۱۵۷۶، ۲۸۱۸/۳ و ۳۷۶۴/۸ متر مکعب در ثانیه بوده است. همینطور در این پژوهش با ورود دبی سیل ۳۰ اسفند سال ۱۳۹۵ (یکی از شدیدترین سیلاب‌ها) رخ داده در حوضه آبریز) (دبی اوج ۳۲۱۶ متر مکعب بر ثانیه) و معرفی ضرایب زبری و مشخصات هندسی کانال، پهنه سیلاب، عمق و سرعت جریان آب در هر نقطه محاسبه شد. پس از اجرای مدل هیدرولیکی HEC-RAS تراز سطح آب و نحوه توزیع سرعت و غیره در هر مقطع به دست آمد. بررسی‌های پژوهشگران مختلف در مقاطع مرکب آزمایشگاهی و صحرایی نشان می‌دهد که تخمین دبی جریان عبوری از این مقاطع به سادگی میسر نیست. در این حالت با ورود جریان از مقطع اصلی به دشت سیلابی، گردابه‌هایی در مرز تماس این دو بخش ایجاد

شده و جریان‌های چرخشی طولی و عرضی را به وجود می‌آورد. در اثر این پدیده، بخشی از انرژی جنبشی جریان از مقطع اصلی به دشت سیلابی منتقل شده و باعث کاهش سرعت جریان در مقطع اصلی و افزایش سرعت در دشت سیلابی می‌شود. عامل مهم این پدیده، اختلاف عمق جریان و ضریب زبری در مجرای اصلی و دشت‌های سیلابی است (۱۸). شکل ۲ نقشه مقاطع عرضی (۵۲ مقطع عرضی) از رودخانه مند در بازه مورد مطالعه (واقع در محدوده منطقه حفاظت شده) را نشان می‌دهد. اما شکل ۳ نقشه پهنه سیلاب برای دوره‌های بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ ساله به ترتیب با حدکثر دبی لحظه‌ای ۱۵۷۶، ۲۸۱۸/۳ و ۳۷۶۴/۸ متر مکعب در ثانیه (ایستگاه هیدرومتری قنطره) را نشان می‌دهد. همانطور که قابل مشاهده است در طی دوره‌های بازگشت ۲ و ۵ ساله معمولاً خطر سیلاب چندان قابل توجه و جدی نبوده و تنها بخش‌های از محدوده اطراف رودخانه دچار آبگرفتگی می‌شود، درحالی‌که خروجی مدل برای دوره بازگشت ۱۰ ساله نشان از ایجاد آبگرفتگی در سطح بسیار وسیعی از منطقه حفاظت شده مند دارد. شکل ۴ نیز خروجی مدل HEC-RAS برای نرخ دبی ۳۲۱۶ متر مکعب بر ثانیه مربوط سیل ۳۰ اسفند سال ۱۳۹۵ را نشان می‌دهد. همانطور که قابل مشاهده است در صورت رخداد چنین سیلابی (دبی ۳۲۱۶ متر مکعب بر ثانیه) تقریباً می‌توان گفت تمامی منطقه حفاظت شده دچار آبگرفتگی می‌شود. قابل ذکر است سطح منطقه حفاظت شده (مساحت مورد بررسی در این مطالعه با توجه به حضور و مراکز تجمع) در این پژوهش ۲۷۸۰۰ هکتار در نظر گرفته شده است. خروجی مدل HEC-RAS نشان داد که در زمان رخداد سیلاب‌ها با دوره بازگشت دو ساله (با نرخ دبی ۱۵۷۶ متر مکعب بر ثانیه) پهنه سیلاب مساحتی به اندازه ۱۸۵۰ هکتار از سطح منطقه حفاظت شده را تحت تاثیر قرار داده است. این پهنه برای سیلاب‌ها با دوره بازگشت پنج ساله (با نرخ دبی لحظه‌ای ۲۸۱۸/۳) به میزان ۴۳۰۰ هکتار افزایش یافته است. همینطور پهنه اثرگذاری سیلاب برای سیلاب با دوره بازگشت ۱۰ ساله (با نرخ دبی لحظه‌ای ۳۷۶۴/۸) به ۲۲۷۰۰ هکتار می‌رسد.



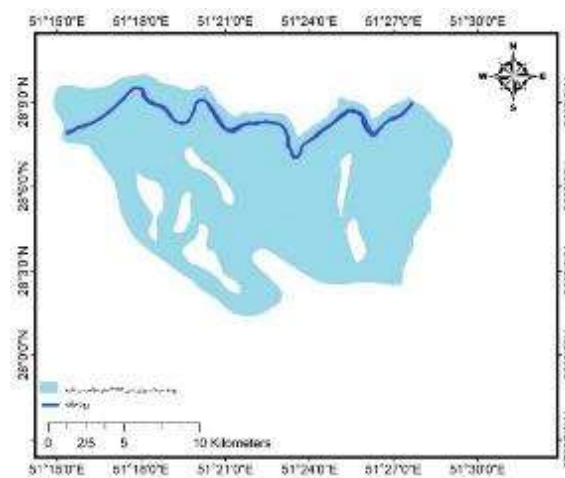
شکل ۲- نقشه مقاطع عرضی بازه مورد مطالعه

Figure 2. Map of cross sections of the studied period



شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی سیلاب برای سیل با دوره‌های بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ ساله

Figure 3. Flood zoning map for floods with return periods of 2, 5 and 10 years



شکل ۴- پهنه سیلاب برای دبی با نرخ ۳۲۱۶ متر مکعب بر ثانیه

Figure 4. Flood zone for discharge at a rate of 3216 m<sup>3</sup>/s

شکل ۵ نیز پهنه سیلاب حاصل از تلفیق تصاویر سنجنده سنتینل و مدل رقومی ارتفاع برای سیل ۳۰ اسفند ۱۳۹۵ را نشان می‌دهد. مقایسه این شکل با خروجی حاصل از مدل (شکل ۴) نشان می‌دهد که پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل HEC-RAS برای نرخ دبی ۳۲۱۶ متر مکعب بر ثانیه (واقعه ۳۰ اسفند سال ۱۳۹۵) از دقت بسیار مناسبی برخوردار می‌باشد. با مشاهده اشکال مذکور (شکل‌های ۴ و ۵) متوجه خواهیم شد که در زمان اوج دبی سیلاب (سیل ۳۰ اسفند سال ۱۳۹۵) به عنوان یکی از بحرانی‌ترین سیل‌های رخ داده تاکنون) به استثنای بخش‌هایی اندکی از منطقه مورد مطالعه (منطقه حفاظت شده مند) می‌توان گفت تمامی منطقه تحت تاثیر سیلاب قرار گرفته است. مشاهدات میدانی نشان داد که با توجه به شیب کم و مسطح بودن منطقه حفاظت شده مند، عمق آب به طور معمول کمتر از ۳۰ سانتی‌متر بوده است. هرچند سیلاب‌های شدید تحت تاثیر پارامترهای اقلیمی ایجاد می‌شوند و تغییرات مربوط به کاربری و وضعیت زمین در اولویت دوم قرار دارند (۱۹)، اما همین کاربری زمین یک عامل مهم در ایجاد سیلاب‌های بیشتر و کوچکتر است (۲۰). بنابراین با استفاده از GIS و مدل HEC-RAS به خوبی می‌توان پهنه‌های سیلابی را استخراج کرد که این با نتایج پژوهش‌های سایر محققان مثل لشکری و همکاران (۱۳۹۲)، زراعتکار و حسن‌پور (۱۳۹۵)، راد و همکاران (۱۳۹۷) و پورنبی درزی و همکاران (۱۴۰۰) مطابقت دارد.

شکل ۵ نمایی از تپه‌هایی که آهوان منطقه حفاظت شده با پناه بردن به آنها از سیل نجات یافته‌اند را نشان می‌دهد. مناطق مشخص شده در شکل ۶ که تحت تاثیر سیلاب قرار نگرفته است عمدتاً ارتفاعی حدود ۴۰ الی ۵۰ سانتی‌متر را دارا هستند و در زمان رخداد چنین سیلاب‌هایی به عنوان یک سکو جهت حفاظت از گونه جانوری (آهوان منطقه مند) حاضر در منطقه عمل می‌نماید. به دلیل اهمیت و تلفات سالانه یکی از مهمترین گونه‌های جانوری (آهوان) در سطح منطقه حفاظت شده مند بر اثر سیلاب‌های فصلی اقدام به مطالعه میدانی از این منطقه گردید. این مطالعه میدانی در راستای شناخت بیشتر توپوگرافی منطقه، محل تجمع آهوان، شناسایی نقاط پرخطر واقع در حواشی رودخانه و غیره صورت گرفت. و در واقع با انجام این

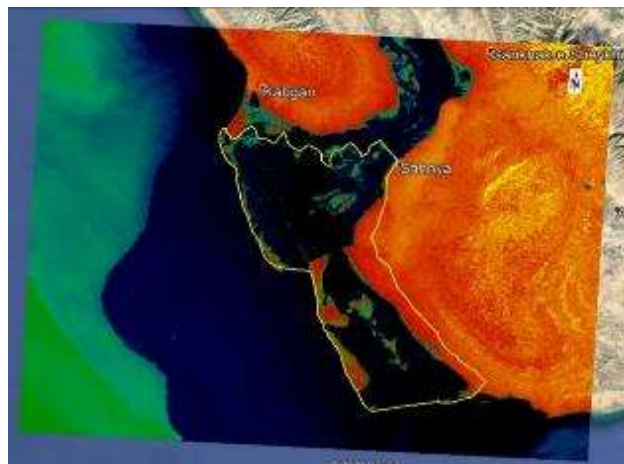
کار نقاط امن و پرخطر، محل آبشخور، محل تجمع آهوان و همینطور مناطقی از رودخانه که در زمان سیلاب باعث ورود آب به سطح منطقه حفاظت شده می‌شوند مشخص گردید. طی بازدیدهای میدانی و نقشه تهیه شده از خطر رخداد سیلاب در منطقه حفاظت شده مند مشخص شد سه نقطه معروف به برید، رود بر و چم شیخ، مناطق ورود آب به سطح منطقه در صورت بروز سیلاب هستند که در شکل ۷ این سه نقطه مشخص شده است. منطقه رودبر که در گذشته محل عبور رودخانه بوده است، در حال حاضر با سیلابی شدن رودخانه، آب سرریز شده وارد رودبر شده و پس از پر شدن چون هیچ مانعی بر سر راه ندارد با سرعت وارد منطقه حفاظت شده می‌شود. بررسی‌ها نشان داد نزدیک بودن رودبر به محل تجمع آهوان و منطقه امن باعث تلفات سنگین آهوان در طی سالهای گذشته شده است. پیشنهاد محققین برای کنترل آب در رودبر احداث سازه‌هایی ساده تقسیم جریان در مسیر انتهایی رودبر و سازه‌های تثبیت کننده جداره کنار رودبر می‌باشد. در منطقه چم شیخ بدلیل کوتاه شدن دیواره رودخانه، رودخانه بسرعت پس از پر شدن در این نقطه به درون منطقه حفاظت شده سرریز خواهد کرد. در این منطقه احداث دایک‌های خاکی با پوشش سنگ‌چین که مانع ورود آب به منطقه شود می‌تواند کارساز باشد. با توجه به نقشه‌های استخراج شده و بازدیدهای میدانی مشخص گردید از جمله اقدامات عملیاتی در پهنه زیستگاهی مطلوب آهوان و در واقع یکی از بهترین راهکارهای کاهش تلفات آهوان ایجاد سکوهایی با ارتفاع کم در سطح منطقه (محل تجمع آهوان) می‌باشد. شکل ۸ مکان پیشنهادی سکوها را در سطح منطقه حفاظت شده مند نشان می‌دهد که این نقاط با توجه به نقشه پهنه‌بندی سیل در منطقه، حضور آهوان و نقاط تجمع آنها و مکان‌های با تلفات سنگین این گونه جانوری در سیلاب‌های گذشته انتخاب شده است. در این شکل جانمایی ۶ سکو مشاهده می‌شود که سه سکو به رنگ قرمز اولویت اول و سه سکو به رنگ سبز اولویت دوم احداث می‌باشند. که پیشنهاد محققین احداث سه سکو در مکان‌های با اولویت اول می‌باشد در صورت مشاهده تلفات در سیل‌های آینده و نیاز به احداث سکوهایی بیشتر، سکوهایی با اولویت های دوم احداث شوند.





شکل ۵. نمایی از تپه‌های موجود در سطح منطقه حفاظت شده مند

Fig. 5 View of the hills in the Mond protected area



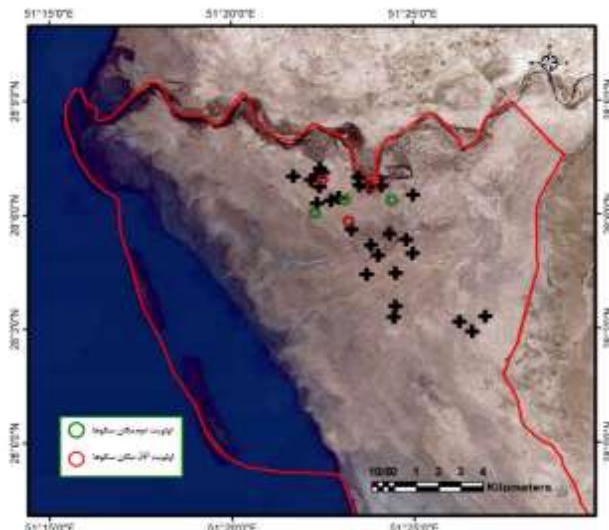
شکل ۶- نمایی از پهنه سیلاب حاصل تلفیق تصاویر سنجنده سنتینل و مدل رقومی ارتفاع برای سیل اسفند ۹۵

Figure 6. View of the flood zone resulting from the combination of Sentinel sensor images and digital elevation model for the March 2016 flood.



شکل ۷- سه نقطه معروف به برید، رود بر و چم شیخ به عنوان نقاط ورود آب به منطقه حفاظت شده مند

Figure 7. Three points known as Barid, Rudbor and Cham Sheikh as water entry points into the Mond protected area



شکل ۸- جانمایی سکوها در منطقه حفاظت شده مند و موقعیت آنها نسبت به مناطق تجمع آهوان و اولویت بندی ساخت آنها

Figure 8. Location of platforms in the Mond protected area and their position in relation to deer assembly areas and prioritization of their construction

### نتیجه گیری

و مالی در دهه‌های گذشته می‌باشند (۲۵)، جهت به حداقل رساندن این مخاطره طبیعی، بعد از اجرای مدل‌های هیدرولوژیکی مختلفی که برای پیش‌بینی سیل توسط محققان در سراسر جهان اجرا شده است (۲۶ و ۲۷)، بسته به موقعیت و شرایط محلی هر منطقه می‌توان راهکارهای مدیریتی مختلفی را ارائه نمود.

### تشکر و قدردانی

از اداره کل حفاظت محیط زیست استان بوشهر و شرکت پتروشیمی زاگرس به لحاظ حمایت‌های مالی تشکر به عمل می‌آید.

### References

1. Haque, C. E., Azad, M., & Choudhury, M. U. I. (2019). Discourse of flood management approaches and policies in Bangladesh: mapping the changes, drivers, and actors. *Water*, 11(12), 2654.
2. Desalegn, H., & Mulu, A. (2021). Flood vulnerability assessment using GIS at Fetam watershed, upper Abbay

در این مطالعه به شناسایی مناطق تحت تاثیر خطر سیلاب با استفاده از مدل HEC-RAS و همینطور ارائه راهکارهای عملیاتی جهت کاهش تلفات آهوان در سطح منطقه حفاظت شده مند پرداخته شده است. بعد از اجرای مدل HEC-RAS به عنوان یک مدل هیدرولوژیکی، پهنه‌های تحت تاثیر خطر سیلاب در بازه رودخانه مند واقع در سطح منطقه حفاظت شده بصورت دقیق شناسایی شد. خروجی‌های مدل با کمک تصاویر سنجنده سنتینل و بازدیدهای میدانی مورد اعتبارسنجی قرار گرفت. نتایج اعتبارسنجی نشان داد که خروجی مدل از دقت بسیار خوبی برخوردار است. همچنین براساس مشاهدات میدانی مشخص گردید که با توجه به شیب کم و مسطح بودن منطقه حفاظت شده مند، عمق آب به طور معمول در شدیدترین حالت سیلابی، کمتر از ۳۰ سانتی‌متر بوده است. مطالعات میدانی نقشه پهنه خطر سیلاب در منطقه حفاظت شده مند نشان داد سه نقطه از رودخانه مند در بازه مورد مطالعه مسبب ورود آب به سطح منطقه حفاظت شده در صورت بروز سیلاب هستند. پهنه‌ترین راهکار مدیریتی جهت کاهش تلفات آهوان در سطح منطقه حفاظت شده مند احداث حداقل ۶ سکو با فرم دایره‌ای شکل می‌باشد. با توجه به اینکه سیلاب‌ها یکی از مخرب‌ترین مخاطرات طبیعی در سراسر جهان هستند و عامل تلفات جانی

- analysis. *Natural Hazards*, 101(3), 995-1017.
9. Papaioannou G, Loukas A, Vasiliades L, Aronica GT (2016) Flood inundation mapping sensitivity to riverine spatial resolution and modelling approach. *Nat Hazards* 83(1):117–132.
  10. Tamiru, H., & Dinka, M. O. (2021). Application of ANN and HEC-RAS model for flood inundation mapping in lower Baro Akobo River Basin, Ethiopia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 36, 100855.
  11. Ogras, S., & Onen, F. (2020). Flood Analysis with HEC-RAS: A Case Study of Tigris River. *Advances in Civil Engineering*, 2020.
  12. Stoleriu, C. C., Urzica, A., & Mihupintilie, A. (2020). Improving flood risk map accuracy using high-density LiDAR data and the HEC-RAS river analysis system: A case study from north-eastern Romania. *Journal of flood risk management*, 13, e12572.
  13. Salman, A., Hassan, S. S., Khan, G. D., Goheer, M. A., Khan, A. A., & Sheraz, K. (2021). HEC-RAS and GIS-based flood plain mapping: A case study of Narai Drain Peshawar. *Acta Geophysica*, 1-11.
  14. Farooq M, Shafque M, Khattak MS (2019) Flood hazard assessment and mapping of River Swat using HEC-RAS 2D model and high-resolution 12-m TanDEM-X DEM (WorldDEM). *Nat Hazards* 97(2):477–492.
  15. Mihupintilie A, Cimpianu CI, Stoleriu CC, Perez MN, Paveluc LE (2019) Using high-density LiDAR data and 2D streamflow hydraulic modeling to improve urban flood basin, Ethiopia. *Heliyon*, 7(1), e05865.
  3. Otto, F. E., Van Der Wiel, K., Van Oldenborgh, G. J., Philip, S., Kew, S. F., Uhe, P., & Cullen, H. (2018). Climate change increases the probability of heavy rains in Northern England/Southern Scotland like those of storm Desmond—a real-time event attribution revisited. *Environmental Research Letters*, 13(2), 024006.
  4. Akbarih., Habibipoora., Zare Khormizi, R, (2012). Investigation on Population Characteristics, Association Patterns and Decreasing of Gazella Subgutturosa Population in Kalmand- Bahadoran Protected Area in Yazd province, *Environmental Researches*, 3(6), 75. (In Persian)
  5. Bagherirad, E.; Salmanmahiny, A.; Ahmad, N.; Abdullah, M. & Erfanian, B. (2014). Predicting Habitat Suitability of the Goitered Gazelle (*G. s. subgutturosa*) using Presence-Only Data in Golestan National Park, Iran. *International Journal of Biological Sciences and Applications* 1 (4): 124-136.
  6. Nikbakht, S. (2014). Flood zoning in Zahedan using HEC-RAS and Arc-GIS. Master Thesis, Faculty of Water and Soil, Zabol University. (In Persian)
  7. Alho, C. J., & Silva, J. S. (2012). Effects of severe floods and droughts on wildlife of the Pantanal wetland (Brazil)—a review. *Animals*, 2(4), 591-610.
  8. Yalcin, E. (2020). Assessing the impact of topography and land cover data resolutions on two-dimensional HEC-RAS hydrodynamic model simulations for urban flood hazard

22. Zeratkar, Z., HasanPour, F. (2016). Simulation of BirjandUrban FloodUsing HEC-RAS and ARC-GIS. Watershed Management Research Journal, 29(3), 41-56.
23. Rad, M., Vafakhah, M., Gholmalifard, M. (2018). Flood mapping using HEC-RAS hydraulic model in part of Khorramabad watershed. Journal of Natural Environmental Hazards, 7(16), 211-226.
24. Pornaby Darzi, S., Vafakhah, M., Rajabi, M. (2021). Flood hazard zoning using HEC-RAS Hydraulic Model and ArcGIS (Case Study: CheshmehKileh River in Tonekabon County). Journal of Natural Environmental Hazards, 10(28), 15-28.
25. Munich RE (2019) NatCatSERVICE natural loss events worldwide 1980–2018. Munich Reinsurance Company. <https://natcatservice.munichre.com>. Accessed 11 June 2019.
26. Desalegn, H., & Mulu, A. (2021). Flood vulnerability assessment using GIS at Fetam watershed, upper Abbay basin, Ethiopia. Heliyon, 7(1), e05865.
27. Stoleriu, C. C., Urzica, A., & Mihupintilie, A. (2020). Improving flood risk map accuracy using high-density LiDAR data and the HEC-RAS river analysis system: A case study from north-eastern Romania. Journal of flood risk management, 13, e12572.
16. Rangari VA, Umamahesh NV, Bhatt CM (2019) Assessment of inundation risk in urban foods using HEC RAS 2D. Model Earth Syst Environ 5(4):1839–1851.
17. Ebrahimi, p. (2013). Flood zoning using HEC\_RAS model (Case study: Nekarood), Master Thesis, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)
18. Rahimzadeh Oghaz, A. 2014. Comparison of flood zoning differences by two hydraulic models HEC-RAS and LISFLOOD-FP in Gorgan River floodplain, M.Sc. Thesis, Faculty of Rangeland and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)
19. Soulsby, C., Dick, J., Scheliga, B., & Tetzlaff, D. (2017). Taming the flood – how far can we go with trees? Hydrological Processes, 31, 3122–3126.
20. Wilkinson, M. E., Addy, S., Quinn, P. F., & Stutter, M. (2019). Natural flood management: small-scale progress and larger-scale challenges. Scottish Geographical Journal, 135(1-2), 23-32.
21. Lashkari, H., Rashidi, A., Rezaei, A. (2013). Zarinerood flood zoning using hydrolic model of Hec-Ras and GIS. Researches in Earth Sciences, 4(1), 51-68.