

# ارزیابی اثر سناریوی کاربری آمایشی در خطر و خسارت سیل حوضه آبخیز سد بوستان

زهرا پریسای\*؛ دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان؛ Email: z.parisay@yahoo.com

مجید اونق: استاد گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

شیخ واحد بردی: دانشیار گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

عبدالرضا بهره مند: دانشیار گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۲۶

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۱۱

## چکیده

یکی از مهم ترین دلایل وقوع سیلاب و خسارات مالی و جانی ناشی از آن، تجاوز به حریم رودخانه و کاربری نامناسب اراضی است. یکی از ابزارهای مدیریتی پیش بینی شدت خسارات ناشی از سیلاب، برای مهار آن، پهنه بندی سیل است. هدف اصلی این تحقیق ارزیابی اثر سناریوی آمایشی در مساحت پهنه های خطر و میزان خسارت ناشی از سیل، در محدوده ای به طول ۲۱ کیلومتر از بستر اصلی رودخانه ی گرگان رود در حوضه ی آبخیز سد بوستان است. بدین منظور ابتدا داده های اولیه ی مدل از قبیل مشخصات هندسی رودخانه و مقاطع عرضی (۳۱۶ نمونه)، ضرایب زبری برآورد شده به روش کاون و دبی اوج هیدروگراف های محاسبه شده با روش توزیعی. مفهومی مادکلارک وارد مدل هیدرولیکی HEC-RAS شد و پس از محاسبه ی تراز آب، پهنه های خطر سیل با دوره بازگشت های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال در دو شرایط کاربری فعلی و سناریوی آمایشی، با استفاده از نرم افزار HEC-GeoRAS در ۵ کلاس ترسیم گردید. نتایج آزمون آماری نشان داد که پهنه های خطر سیل با دوره بازگشت های مختلف در کاربری آمایشی به طور معناداری ( $p > 0.01$ )، کاهش می یابد. در این مطالعه برای ارزیابی خسارت سیل نیز از معادله ی عمومی ریسک استفاده شد و نقشه های خسارت عددی و ریالی سیل، پس از شناسایی و کلاس بندی تعداد و درجه ی آسیب پذیری عناصر در معرض خطر در ۵ کلاس تهیه گردید. نتایج نشان داد که کلاس خسارت احتمالی در کاربری فعلی بزرگ تر از کاربری آمایشی است. نتایج حاصل از آزمون معناداری نشان داد که میزان خسارت ریالی در کاربری سناریوی آمایشی به طور معناداری ( $p > 0.01$ )، افزایش یافته است؛ که علت آن را می توان به اختصاص مساحت بیشتری از اراضی کشاورزی به منزله ی عناصر با ارزش تر در پهنه های سیل گیر کاربری آمایشی نسبت داد.

واژه های کلیدی: *HEC-RAS*، *HEC-GeoRAS*، پهنه بندی، سناریوی کاربری آمایشی، معادله ی ریسک

## Assessing land use planning scenario impacts on flood hazard and risk in Bustan dam basin

Zahra Parisay<sup>1\*</sup>, Majid Ownegh<sup>2</sup>, Vahedberdi Sheikh<sup>3</sup> Abdolreza Bahremand<sup>4</sup>

### Abstract

One of the most important factors causing flood and related causalities is flood plain encroachment and inappropriate land use type. The flood zonation is one of the management tools for predicting the severity of losses caused by flood in order to control them. The main purpose for this study was impact assessment of land use planning scenario on flood inundation extent and losses caused along a 21 km reach of the Gorganroud river main channel within the Bustan dam basin. To this end, the basic data required by the model such as geometric properties and cross-sections (at 316 locations) of the river channel, roughness coefficients estimated by the Cowan method and peak discharge of hydrographs calculated by the Mod-Clark conceptual distributed method were entered to HEC-RAS hydraulic model. After calculation of the water surface profile by the HEC-RAS model, flood inundation extent for 2, 5, 10, 25, 50, 100 and 200 – year return periods and two conditions of current land use and land use planning scenario was calculated using the HEC-GeoRAS software and flood risk zonation was done for 5 classes of risk. Results of statistical test showed that the flood risk zones decreases significantly in case of scenario planning for all return periods ( $p < 0.01$ ). In the current study, the general formula for risk calculation was used. After identification and classification of vulnerable elements at risk, the risk maps and monetary risk were prepared in 5 classes. The results showed that the potential risk classes are higher for the case of current land use condition. Results of statistical test showed that monetary risk will significantly ( $p < 0.01$ ) increase in the case of land use planning scenario. This can be attributed to allocation of more areas in the vicinity of the rivers to the farmlands with high-value and more vulnerable elements.

**Key words:** *HEC-RAS*, *HEC-GeoRAS*, zonation, risk, landuse planning scenario

1 PhD Student., Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran; Email: z.parisay@yahoo.com

2 Professor., Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

3 Assistant Prof., Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

4 Assistant Prof., Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

۱۳۳

شماره یازدهم

بهار و تابستان

۱۳۹۶

دوفصلنامه علمی و پژوهشی



## مقدمه

محیط زیست طبیعی جهان توان اکولوژیکی محدودی برای استفاده‌ی انسان از آن دارد. در برخی از محیط‌ها، طبیعت با کمترین خسران مهبیای بالاترین توسعه است و در برخی دیگر کمترین توسعه در آن منجر به خرابی محیط زیست می‌شود. این معنا بیان‌کننده‌ی آن است که برای انجام توسعه در محیط زیست، پیش از برنامه‌ریزی برای استفاده از آن، باید به ارزیابی توان اکولوژیکی آن در چارچوب یک برنامه‌ریزی منطقه‌ای پرداخت [۱]، که این برنامه در قالب آمایش سرزمین انجام می‌شود. به‌طور کلی آمایش سرزمین عبارت است از «تنظیم رابطه بین انسان، سرزمین و فعالیت‌های انسان در سرزمین به‌منظور بهره‌برداری درخور و پایدار از جمیع امکانات انسانی و فضایی سرزمین برای بهبود وضعیت مادی و معنوی اجتماع در طول زمان» [۲]. امروزه نبود تناسب کاربری‌های فعلی با توانایی اراضی، مهم‌ترین دلایل تعدد و افزایش دبی سیلاب‌های شمال ایران محسوب می‌شود. به‌ویژه در دهه‌ی اخیر، خسارات اقتصادی ناشی از بروز چنین سیلاب‌هایی در اثر تخریب سازه‌ها، تأسیسات و امکانات، تخریب اراضی و فرسایش خاک، اهمیت بررسی تأثیر تغییر کاربری‌ها بر دبی سیلابی رودخانه‌ها را بیشتر کرده است [۳]. اجرای کاربری‌های سازگار با توان سرزمین می‌تواند به‌منزله‌ی ابزار اصلی مدیریت و برنامه‌ریزی در عرصه‌های منابع طبیعی و آب‌خیزداری به کاهش خطر و خسارت سیل کمک شایان توجهی نماید [۴]. همچنین به علت شناخت پهنه‌های سیل‌گیر و مدیریت بر کاهش خسارات حاصل از بروز سیلاب، تهیه و بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی سیل در مطالعات مدیریت دشت‌های سیلابی کاربرد وسیعی یافته است [۵]. اوتق در مقاله‌ی «تحلیلی آمایش سرزمین و مدیریت مجتمع خطرات طبیعی استان گلستان» [۶] تأکید نموده که خطرات مهاجمی مانند سیل و زمین‌لغزش با مکانیسمی پیچیده و رفتار تصادفی به تغییرات شدید و غیراصولی کاربری زمین و حاشیه‌نشینی عادی و معکوس حساسیت بیشتری داشته و بی‌درنگ طیفی از اثرات بحران‌زای خود را در سیستم‌های محیطی و اجتماعی نشان می‌دهد. وی اجرای کاربری‌های سازگار با توان اکولوژیکی و تلفیق برنامه‌های مدیریت مجتمع خطرات طبیعی با استراتژی‌های متفاوت و آمایش سرزمین را برای دستیابی به توسعه‌ی پایدار در استان اجتناب‌ناپذیر دانسته است. غفاری و همکاران [۷] در قسمت مهمی از دشت سیلابی رودخانه‌ی بابلرود اقدام به پهنه‌بندی خطر و ارزیابی خسارت سیل با استفاده از مدل HEC-RAS و HEC-GeoRAS نمودند. بدین منظور ۱۰۳ مقطع در طول ۵/۵ کیلومتر از بازه‌ی مورد مطالعه در نظر گرفته شد و پس از تعیین ضریب مانینگ به روش کاون نقشه‌های پهنه‌ی سیل در دوره بازگشت‌های مختلف تهیه و ضمن محاسبه‌ی خسارت وارد به شالیزارهای محل در هر دوره بازگشت، منحنی‌های تراز - خسارت آن‌ها نیز ترسیم گردید. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که از کل مساحت تحت تأثیر سیل ۲۰۰ ساله، ۸۹/۵۳ درصد آن مستعد سیل‌گیری، توسط سیل‌های زیر ۲۵ سال است. رابطه‌ی تراز خسارت سیل نیز نشان داد که تا عمق متوسط

۲/۲۸ متری (دوره بازگشت ۲۵ سال) افزایش خسارت دارای روند بیشتری بوده، در حالی که در اعماق بیش از ۲/۲۸ متری، این روند کمتر است. هادیانی [۳] نقش کاربری اراضی بر دبی سیلاب‌های منطقه‌ای را در حوضه‌ی آبخیز مادرسو مورد بررسی قرار داده است. در این تحقیق با استفاده از روش حفاظت خاک امریکا (SCS)، دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب طرح در دو وضعیت کاربری اراضی فعلی و کاربری بر اساس قابلیت اراضی، برآورد شد. نتایج نشان می‌دهد که در صورت استفاده از کاربری متناسب با توانایی اراضی، میزان دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب‌ها با دوره بازگشت ۲ سال به میزان ۷۹ درصد و در دبی‌های با دوره بازگشت ۱۰۰ سال تا ۳۱ درصد نسبت به کاربری‌های فعلی کاهش می‌یابد. گفتنی است که نقش آن در کاهش دبی سیلاب با افزایش دوره بازگشت تا ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. پنینگ-روسل<sup>۱</sup> و همکاران [۸] به ارائه‌ی روش و چارچوبی برای پهنه‌بندی خطر و خسارت ناشی از سیل به مردم، در ایالات متحده‌ی امریکا پرداختند. بر این اساس برای برآورد خسارات مردمی از معادله‌ی عمومی ریسک استفاده کردند. آن‌ها سرعت جریان، عمق جریان، گسترش پهنه‌ی سیل و درجه‌ی در معرض خطر قرار گرفتن عناصر را عامل اصلی خسارت ناشی از سیل دانسته و در نهایت پهنه‌های تحت خطر و خسارت بیشتر را معرفی نمودند. در پژوهش حاضر برای ارزیابی خطر و خسارت سیل و بررسی نقش سناریوی کاربری آمایشی در کاهش پهنه‌های سیل‌گیر، اقدام به پهنه‌بندی خطر و خسارت سیل در دو کاربری فعلی و آمایشی آبخیز سد بوستان با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS و الحاقیه HEC-Geo RAS گردید. در نهایت پس از تهیه‌ی پهنه‌های خطر سیل با دوره بازگشت‌های مختلف اقدام به محاسبه‌ی خسارت در هر یک از آن‌ها گردید. برای این امر از معادله‌ی عمومی ریسک، که در مطالعات انجام شده در داخل کشور در زمینه‌ی ارزیابی خسارت سیل به آن کمتر توجه شده است، استفاده گردید.

## روش تحقیق و ابزارها

منطقه‌ی مورد مطالعه‌ی حوضه‌ی آبخیز سد بوستان با مساحت ۱۵۷۸/۷۹ کیلومتر مربع است که در شرق استان گلستان بین عرض‌های ۲۵° ۵' تا ۳۷° ۳۳' ۴۷" شمالی و طول‌های ۳۰° ۲۶' ۵۵" تا ۳۵° ۴' ۵۶" شرقی واقع شده است. طول آبراهه‌ی اصلی حوزه‌ی مورد نظر ۸۸ کیلومتر است و دارای حداکثر و حداقل ارتفاع ۲۱۰۰ و ۱۰۰ متر از سطح دریا است [۴]. با توجه به وقوع سیلاب‌های بزرگ و زیان‌بار در حوزه‌ی مورد مطالعه، در این تحقیق اقدام به پهنه‌بندی و ارزیابی خطر و خسارت سیل در ۲۱ کیلومتر از بازه‌ی رودخانه با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS و آمایشی گردید. نمودار جریانی مراحل انجام تحقیق در تصویر ۱ ارائه شده است.

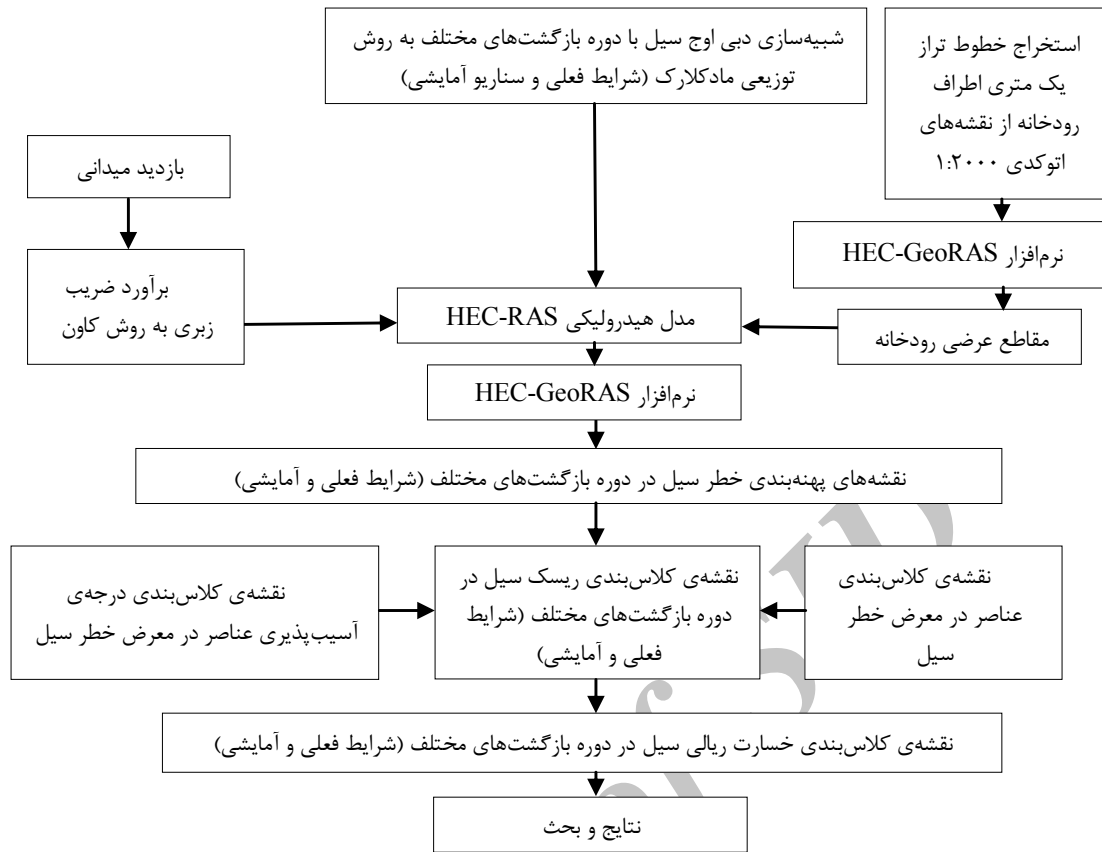
۱۳۴

شماره یازدهم  
بهار و تابستان  
۱۳۹۶

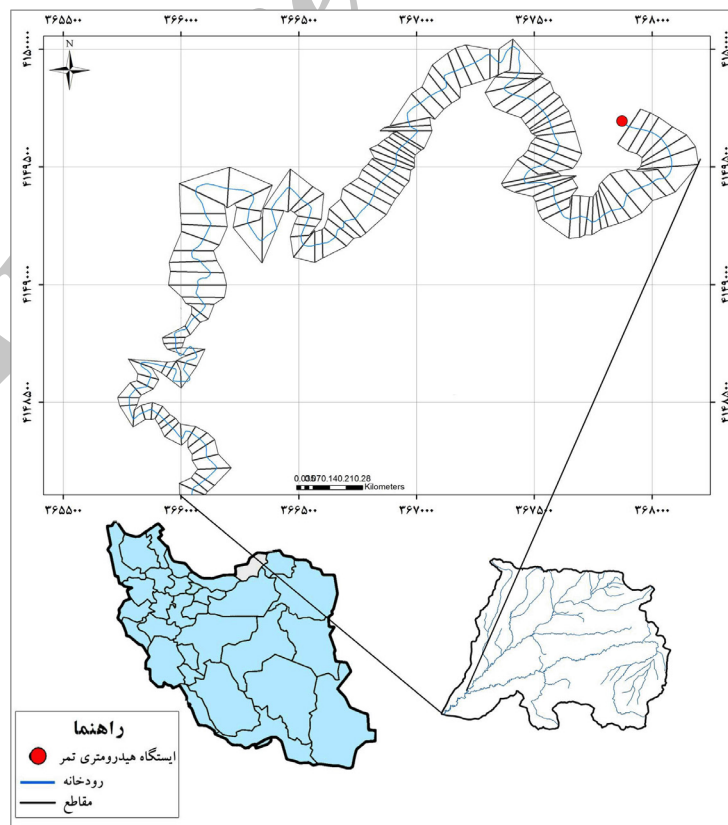
دوفصلنامه  
علمی و پژوهشی

بهرین

حوضه‌ی آبخیز سد بوستان  
ارزیابی اثر سناریوی کاربری آمایشی در خطر و خسارت سیل



تصویر ۱: نمودار جریان‌ی مراحل انجام تحقیق



تصویر ۲: نقشه‌ی موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه در کشور و استان گلستان

## تئوری و محاسبات

### • پهنه‌بندی خطر سیل با مدل هیدرولیکی HEC-RAS<sup>۲</sup> و HEC-GeoRAS

شبیه‌سازی در نرم‌افزار HEC-RAS بر اساس روش عددی گام به گام استاندارد برای محاسبه‌ی رقوم سطح آب بین مقاطع انجام شده است و اساس آن رابطه‌ی انرژی است [۹، ۱۰، ۱۱]. برای شبیه‌سازی مشخصات هندسی و مقاطع عرضی رودخانه، ابتدا از نقشه‌های اتوکدی ۱/۲۰۰۰ باند رودخانه در محدوده‌ای به طول تقریبی ۲۱ کیلومتر در پایین‌دست ایستگاه هیدرومتری تمر (محدوده‌ی تمر تا سد بوستان) مدل شبکه‌ی نامنظم مثلثی (TIN)، رودخانه تهیه گردید. سپس با استفاده از ابزار موجود در HEC-GeoRAS لایه‌های ورودی به HEC-RAS الحاقیه مانند: مشخصات رودخانه، مقاطع عرضی (۳۱۶ مقطع) و طول محدوده‌ی پایین‌دست برای ساحل چپ، کانال اصلی و ساحل راست و ... با دقت زیادی استخراج گردید. همچنین برای معرفی داده‌های جریان از مقادیر دبی اوج هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده به روش توزیعی مادکلارک در دوره بازگشت‌های مختلف استفاده شد که برای شبیه‌سازی آن‌ها از نرم‌افزارهای WMS، HEC-HMS، HEC-Geo HMS، PCR aster و HEC-Assc2Dss استفاده گردید. ضریب زبری آبراهه‌ی اصلی و دشت سیلابی نیز از رابطه‌ی معروف کاون<sup>۳</sup> [۱۲] محاسبه شد:

$$n = (n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5) m_0 \quad \text{رابطه‌ی ۱:}$$

که در آن،  $n$  ضریب زبری پایه است که با توجه به جنس کانال برای کانال یکنواخت و صاف و مستقیم انتخاب می‌شود. ضرایب اصلاحی  $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5$  به ترتیب در برگرفته‌ی اثرات نامنظمی سطح مقطع، چگونگی تغییرات سطح مقطع، وجود موانع در مسیر کانال، پوشش گیاهی و درجه‌ی ماریچی بودن مسیر هستند [۱۳، ۱۴]. گفتنی است رژیم جریان مرکب در نظر گرفته شد و از عمق نرمال به منزله‌ی شرایط مرزی استفاده گردید [۱۵].

### • برآورد خسارت سیل

به منظور برآورد نقشه‌ی خسارت سیل، ابتدا نقشه‌های خطر سیل به دست آمده در دوره بازگشت‌های مختلف به صورت مجزا، با استفاده از جدول ۱ بر اساس تراز آب کلاس‌بندی شدند. سپس عناصر در معرض خطر با توجه به نقشه‌های خطر سیل شناسایی و درجه‌ی آسیب‌پذیری آن‌ها تعیین گردید و در نهایت خسارت با استفاده از معادله‌ی ریسک برآورد گردید [۱۶]:

$$R = H \times E \times V \quad \text{رابطه‌ی ۲:}$$

در این رابطه،  $R$  ریسک،  $H$  بزرگی خطر،  $E$  عناصر در معرض خطر و  $V$  درجه‌ی آسیب‌پذیری عناصر است [۱۷]. در این تحقیق بزرگی خطر سیل نیز در دوره بازگشت‌های مختلف در نظر گرفته شد.

### • تهیه‌ی نقشه‌ی عناصر در معرض خطر

با استفاده از تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ (۲۰۱۱ میلادی)، نقشه‌های کاربری اراضی و نقشه‌های اتوکدی وزارت

نیرو، عناصر موجود در پهنه‌ی کلاس‌های خطر سیل شناسایی و کلاس‌های آن نیز با استفاده از جدول ۲ تعیین گردید. جدول ۱: طبقه‌بندی کلاس‌های خطر سیل در دوره بازگشت‌های مختلف

ردیف	کلاس خطر	طبقات کیفی	تراز سطح آب (متر)
۱	I	خیلی کم	۰-۲
۲	II	کم	۲-۵
۳	III	متوسط	۵-۸
۴	IV	زیاد	۸-۱۱
۵	V	خیلی زیاد	>۱۱

جدول ۲: کلاس‌های عناصر در معرض خطر در گرگان رود (محدوده تمر تا سد بوستان)

ردیف	کلاس عناصر	طبقات کیفی	تعداد عناصر در واحد پلیگون
۱	I	کم	<۱
۲	II	متوسط	۲
۳	III	زیاد	۳

### • تهیه‌ی نقشه‌ی آسیب‌پذیری عناصر در معرض خطر

برای محاسبه‌ی ارزش آسیب‌پذیری عناصر، وجود خطر و شرایط هر یک از عناصر از لحاظ اقتصادی و اکولوژیکی حائز اهمیت است. برای این امر کلاس‌های آسیب‌پذیری عناصر با توجه به اینکه در چه کلاسی از شدت خطر قرار دارند و با استفاده از امتیازات کارشناسی و بررسی شرایط حوزه‌ی مورد مطالعه تعیین گردید [۱۸].

جدول ۳: ارزش صفات عناصر در معرض خطر

عناصر	معیار	عدد آسیب
مرتع	با بالا رفتن ارزش گیاهان مرتعی و افزایش شدت خطر با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند	۲-۱۰
اراضی درخت‌کاری شده	با بالا رفتن ارزش درختان و افزایش شدت خطر با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند	۲-۱۰
زراعت	هر چه گیاه آسیب‌پذیرتر و شدت خطر افزایش پیدا کند با ضریب ۳ افزایش پیدا می‌کند	۳-۱۵

در پایان از ضرب کلاس‌های خطر سیل (H) در کلاس‌های عناصر در معرض خطر (E) و درجه آسیب‌پذیری عناصر (V) کلاس‌های ریسک (R) محاسبه و با استفاده از آزمون ناپارامتریک<sup>۴</sup> مربع کای تفاوت آماری کلاس‌های خطر و خسارت سیل در کاربری‌ها و دوره بازگشت‌های مختلف مشخص گردید.

### • برآورد خسارت ریالی سیل

برای برآورد خسارت ریالی سیل با استفاده از جدول‌های ۶ و ۷ اقدام به تهیه‌ی نقشه‌ی خسارت سیل گردید.

جدول ۴: کلاس و عدد آسیب پذیری عناصر در معرض خطر

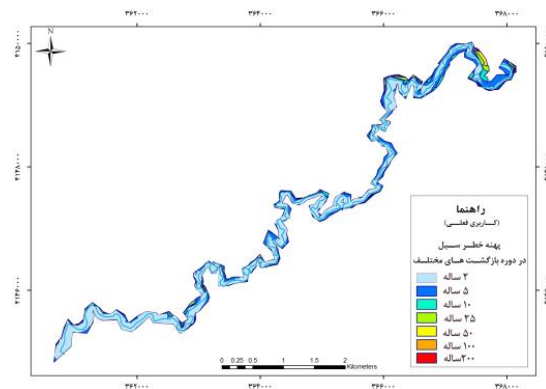
کلاس آسیب پذیری	طبقات کیفی	عدد آسیب پذیری
I	خیلی کم	۰-۴۰
II	کم	۴۰-۸۰
III	متوسط	۸۰-۱۲۰
IV	زیاد	۱۲۰-۱۶۰
V	خیلی زیاد	> ۱۶۰

جدول ۶: مدل نحوه‌ی برآورد خسارت ریالی سیل (قیمت در سال ۱۳۹۱)

ردیف	عناصر در معرض خطر	نحوه برآورد خسارت	واحد	میزان خسارت در واحد به ریال
۱	مرتع	خسارت تخریب اراضی مرتعی و هزینه‌ی تولید علوفه	هکتار	۶۰۰۰۰۰
۲	جنگل	خسارت به درختان و کاهش حاصل خیزی خاک	هکتار	۴۰۰۰۰۰
۳	اراضی زراعی	خسارت تخریب اراضی کشاورزی و خسارت به محصول	هکتار	۲۲۵۰۰۰۰

### تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری آمایشی

در این تحقیق از نقشه‌ی کاربری آمایشی آبخیز سد بوستان [۵] استفاده گردید. بهرامی [۵] برای ارزیابی توان توسعه و ارائه‌ی برنامه‌ی آمایشی و مدیریت آبخیز سد بوستان، نقشه‌های موضوعی لازم را تهیه و به روش سیستمی دو به دو در چند مرحله با هم ادغام کرد و پس از تهیه‌ی نقشه‌ی واحدهای شکل زمین و نقشه‌ی واحدهای زیست محیطی، بر اساس مدل‌های اکولوژیکی موجود توان واحدها به انواع کاربری‌های مرسوم ارزیابی و نقشه‌بندی نمود. برای انتخاب بهترین گزینه‌های موجود در واحد سرزمین و آراسته کردن کاربری‌ها با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی - اجتماعی منطقه، با استفاده از روش کیفی، تعیین اولویت کاربری‌ها را انجام داد و نقشه‌ی نهایی کاربری زمین (نقشه‌ی پایه‌ی آمایش) را تهیه نمود.



تصویر ۳: نقشه‌ی پهنه‌های تحت خطر سیل منطقه‌ی مورد مطالعه برای تمامی دوره بازگشت‌ها (کاربری فعلی)

جدول ۵: کلاس و عدد ریسک

کلاس ریسک	طبقات کیفی	عدد ریسک
I	خیلی کم	۰-۱۲
II	کم	۱۲-۲۴
III	متوسط	۲۴-۳۶
IV	زیاد	۳۶-۴۸
V	خیلی زیاد	۴۸-۶۰

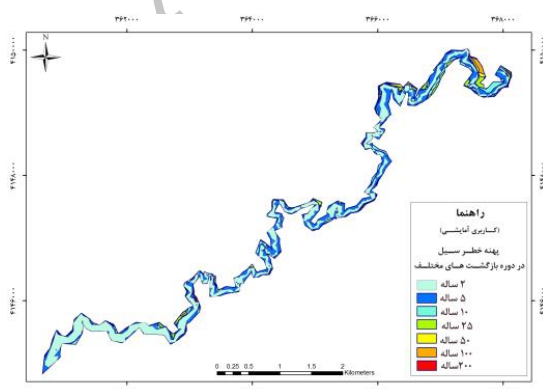
جدول ۷: کلاس خسارت پتانسیل سیل

کلاس خسارت	میزان خسارت (میلیون تومان) در هکتار در سال	طبقات کیفی خسارت
I	< ۱/۴	خیلی کم
II	۱/۴-۱/۶	کم
III	۱/۶-۱/۸	متوسط
IV	۱/۸-۲	زیاد
V	۲-۲/۵	خیلی زیاد

### بحث و نتایج

#### - شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه و پهنه‌بندی سیل با مدل HEC-RAS و HEC-GeoRAS و تهیه‌ی نقشه‌ی خطر سیل

پس از تهیه‌ی اطلاعات مورد نیاز برای اجرای مدل، تراز آب محاسبه و پهنه‌بندی انجام شد. جدول ۸ مقادیر دبی اوج، هیدروگراف‌های برآورد شده به روش مادکلارک در دوره بازگشت‌های مختلف و جدول ۹ مقادیر حاصل از ضریب زبری برآورد شده به روش کاون در سه بازه‌ی تعیین شده در طول منطقه‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد. تصاویر ۳ و ۴ نیز نقشه‌های پهنه‌ی تحت خطر سیل را برای تمامی دوره بازگشت‌های مورد مطالعه در دو کاربری فعلی و آمایشی به صورت مرکب نشان می‌دهد. در نهایت برای مقایسه‌ی مساحت پهنه‌های سیل‌گیر در دوره بازگشت‌های مختلف در هر یک از کاربری‌ها به‌طور مجزا و بین دو کاربری، از آزمون آماری مربع کای استفاده گردید که نتایج حاصل از آن و درصد مساحت پهنه‌های سیل‌گیر در جدول ۱۰ ارائه شده است.



تصویر ۴: نقشه‌ی پهنه‌های تحت خطر سیل منطقه‌ی مورد مطالعه برای تمامی دوره بازگشت‌ها (کاربری آمایشی)

جدول ۸: مقادیر دبی اوج (مترمکعب بر ثانیه) حوزه با دوره بازگشت‌های مختلف، شبیه‌سازی شده در مدل HEC-HMS به روش مادکلارک در دو شرایط کاربری اراضی فعلی و آمایشی

شرایط شبیه‌سازی	دوره بازگشت					
	۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵
کاربری فعلی	۱۵۸۶/۸۰	۱۳۳۵/۸۰	۱۰۹۳/۵۰	۸۶۲/۸۰	۵۷۸/۲۰	۳۸۰/۰۰
سناریو آمایشی	۱۲۶۱/۰۰	۱۰۳۶/۹۰	۸۲۳/۸۰	۶۲۵/۲۰	۳۸۸/۰۰	۲۳۰/۳۰
درصد کاهش دبی اوج	۷۹/۴۷	۷۷/۶۲	۷۵/۳۴	۷۲/۴۶	۶۷/۱۰	۶۰/۶۱

جدول ۹: مقادیر ضریب زبری برآورد شده در هر بازه از رودخانه به روش کاون

نوع پارامتر	بازه ۱		بازه ۲		بازه ۳	
	دشت سیلابی	کانال اصلی	دشت سیلابی	کانال اصلی	دشت سیلابی	کانال اصلی
ضریب زبری پایه (n)	۰/۰۲۲	۰/۰۲۳	۰/۰۲۱	۰/۰۲۱	۰/۰۲۰	۰/۰۲۰
درجه‌ی بی‌نظمی سطح بستر و کناره (n <sub>۱</sub> )	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵
تغییرات مقاطع آبراهه (n <sub>۲</sub> )	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳
اثر نسبی موانع (n <sub>۳</sub> )	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
پوشش گیاهی (n <sub>۴</sub> )	۰/۰۱۰	۰/۰۳۰	۰/۰۰۸	۰/۰۲۲	۰/۰۰۵	۰/۰۲۳
درجه‌ی پیچانروی (m <sub>۱</sub> )	۱/۲۰۰	۱/۲۰۰	۱/۳۰۰	۱/۳۰۰	۱/۱۵۰	۱/۱۵۰
ضریب زبری (n)	۰/۰۴۲	۰/۰۶۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۹	۰/۰۳۸	۰/۰۵۹

جدول ۱۰: نتایج آزمون مربع کای برای مقایسه‌ی مساحت پهنه‌های سیل در دوره بازگشت‌های مختلف در دو شرایط کاربری اراضی فعلی و آمایشی و مقادیر درصد هر یک از آن‌ها نسبت به وسعت سیل ۲۰۰ ساله

دوره بازگشت	کاربری فعلی		کاربری آمایشی	
	مساحت پهنه‌ی سیل‌گیر (هکتار)	درصد	مساحت پهنه‌ی سیل‌گیر (هکتار)	درصد
۲	۱۳۶/۹۴	۶۸/۷۳	۹۶/۵۴	۴۸/۸۵
۵	۱۷۵/۷۳	۸۸/۲۰	۱۵۶/۴۰	۷۹/۱۴
۱۰	۱۸۶/۰۵	۹۳/۳۸	۱۷۶/۳۴	۸۹/۲۳
۲۵	۱۹۳/۱۶	۹۶/۹۴	۱۸۷/۶۱	۹۴/۹۳
۵۰	۱۹۶/۷۲	۹۸/۷۳	۱۹۲/۴۰	۹۷/۳۵
۱۰۰	۱۹۸/۰۴	۹۹/۳۹	۱۹۶/۳۲	۹۹/۳۴
۲۰۰	۱۹۹/۲۵	۱۰۰/۰۰	۱۹۷/۶۳	۱۰۰/۰۰
مربع کای	بین دوره بازگشت‌ها	۱۶/۱۲*	۴۵/۷۵**	
	بین کاربری‌ها		۱۹/۹۰**	
مربع کای (با حذف دوره بازگشت ۲ ساله)		۲/۱۵ (n.s)	۶/۷۲ (n.s)	

(n.s) بدون معنا، (\*) معنادار در سطح ۵ درصد، (\*\*\*) معنادار در سطح ۱ درصد

بخش عمده‌ای از خسارت به پهنه‌های دشت سیلابی زیر ۲۵ سال وارد شده است، به‌طور کلی از کل مساحت تحت تأثیر سیل ۲۰۰ ساله، به‌ترتیب ۹۶/۹۴ و ۹۴/۹۳ درصد از کاربری فعلی و آمایشی مستعد سیل‌گیری توسط سیل‌های با دوره بازگشت ۲۵ سال است. غفاری و همکاران [۷]، غفاری و امینی [۱۹] و یمانی و همکاران [۲۶] نیز درصد بالایی از پهنه‌ی سیل ۲۰۰ ساله را مستعد سیل‌گیری توسط سیل‌های زیر ۲۵ سال دانستند که دلیل اصلی آن محدود بودن پهنه‌ی سیل ۲۵ سال به یک تراس ۱-۲ متری است که موجب ایجاد تغییرات محسوس در مساحت و عمق سیل در دوره‌های بازگشت بالا و پایین ۲۵ سال شده است [۷].

با توجه به جدول ۱۰ با افزایش دوره بازگشت سیل، سطح وسیع‌تری از اراضی، تحت تأثیر سیل قرار می‌گیرند. ولی آنچه مهم است، نسبت و میزان این تغییرات در اراضی با ارزش حاشیه‌ی رود است، چرا که این اطلاعات می‌توانند در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی اراضی حاشیه‌ی رودخانه بسیار مفید و راه‌گشا واقع شوند. نتایج این بخش از تحقیق با نتایج سایر محققان از جمله وهابی [۲۰]، صفری [۲۱]، جلالی‌راد [۲۲]، خلیلی‌زاده [۲۳]، مساعدی و توکلی [۲۴] و غریب و همکاران [۲۵] مشابهت دارد. روند افزایش سطح سیل‌گیری در دوره‌های بازگشت ۲ تا ۲۵ سال نسبت به دوره‌های بازگشت ۲۵ تا ۲۰۰ ساله، دارای سیر صعودی سریع‌تری بوده و

جدول ۱۱: درصد مساحت عناصر در معرض خطر در هر کلاس خطر نسبت به عناصر موجود در پهنه‌ی سیل ۲۰۰ ساله (کاربری فعلی و آمایشی)

دوره بازگشت							شرایط شبیه‌سازی	
۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲		
۱۳۵/۳۷	۱۳۴/۹۵	۱۳۴/۰۷	۱۳۰/۳۷	۱۲۵/۱۰	۱۱۴/۸۹	۴۴/۵۹	کاربری فعلی	مجموع مساحت عناصر در معرض خطر (ha)
۱۳۴/۶۶	۱۳۳/۵۹	۱۳۰/۱۲	۱۲۶/۲۲	۱۱۵/۵۱	۹۶/۷۵	۴۴/۷۴	سناریو آمایشی	
۱۰۰/۰۰	۹۹/۶۹	۹۹/۰۴	۹۶/۳۰	۹۲/۴۱	۸۴/۸۷	۳۲/۹۴	کاربری فعلی	درصد مساحت عناصر موجود <sup>۵</sup>
۱۰۰/۰۰	۹۹/۲۰	۹۶/۶۳	۹۳/۷۳	۸۵/۷۷	۷۱/۸۵	۳۳/۲۲	سناریو آمایشی	

گردید (جدول ۱۰). نتایج حاصل از آن نشان داد که با حذف دوره بازگشت ۲ ساله اختلاف معناداری بین مساحت پهنه‌های سیل در دوره بازگشت‌های مختلف، در هر یک از کاربری‌های فعلی و آمایشی وجود ندارد. بنابراین می‌توان گفت در این تحقیق وسعت اراضی در معرض خطر سیل در دوره بازگشت‌های مختلف به جز دوره بازگشت ۲ ساله تفاوت چشم‌گیری با هم ندارند که با نتایج ولی‌زاده‌کامران و همکاران [۲۷] مطابقت دارد.

نتایج مقایسه‌ی بین پهنه‌های سیل در دو کاربری فعلی و آمایشی نیز در سطح ۱ درصد معنادار شد و نشان داد که مقادیر کمی اوج و مساحت پهنه‌های سیل در کاربری آمایشی به‌طور معناداری کمتر شده است.

#### - خسارت‌پتانسیل

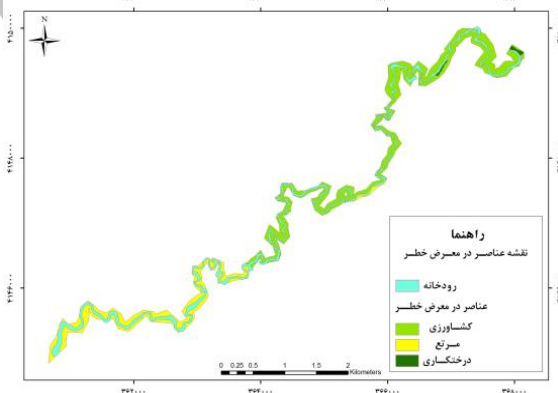
#### • نقشه‌ی عناصر و آسیب‌پذیری عناصر در معرض خطر

در این تحقیق نقشه‌ی مراتع، جنگل‌ها و اراضی کشاورزی موجود در منطقه، نقشه‌ی عناصر در معرض خطر سیل در دوره بازگشت‌های مختلف را تشکیل دادند (تصویر ۵). جدول ۱۱ نیز درصد مساحت عناصر در معرض خطر موجود در هر یک از کلاس‌های خطر سیل در دوره بازگشت‌های مختلف، نسبت به عناصر موجود در پهنه‌ی سیل ۲۰۰ ساله را در دو شرایط کاربری فعلی و سناریوی آمایشی نشان می‌دهد.

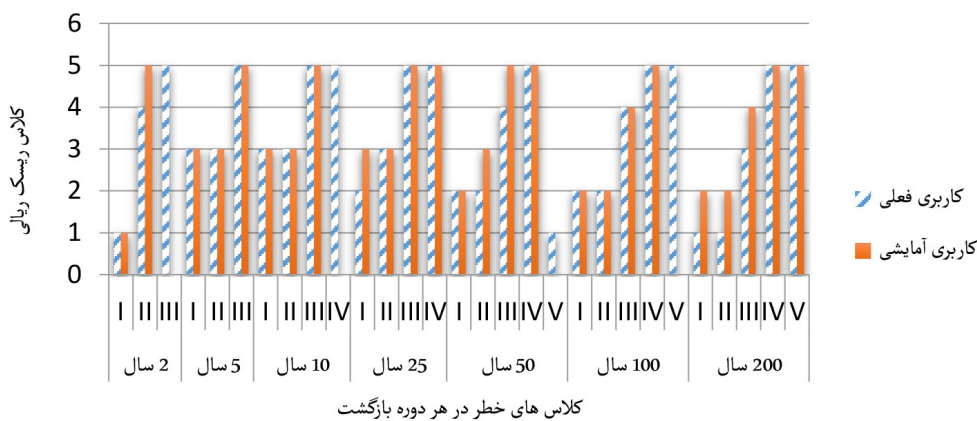
#### • ریسک سیل

با توجه به نمودار ۶ تغییرات کلاس ریسک در هر کلاس خطر کاربری فعلی و آمایشی برای دوره بازگشت‌های متفاوت قابل مشاهده است. همچنین تصاویر ۷ و ۸ نیز نقشه‌های ریسک سیل را برای دوره بازگشت‌های مختلف در دو شرایط کاربری فعلی و سناریوی آمایشی نشان می‌دهند.

برای مقایسه‌ی مساحت پهنه‌های سیل‌گیر در دوره بازگشت‌های مختلف در هر یک از کاربری‌ها به‌طور مجزا و بین دو کاربری، از آزمون آماری مربع کای استفاده گردید (جدول ۱۰). نتایج آزمون مربع کای در مقایسه‌ی بین مساحت پهنه‌های سیل در همه‌ی دوره بازگشت‌ها در کاربری فعلی در سطح ۵ درصد و در کاربری آمایشی در سطح ۱ درصد معنادار شد و نشان داد که اختلاف معناداری بین مساحت پهنه‌های سیل در دوره بازگشت‌های مختلف وجود دارد. با توجه به اینکه در این مطالعه پهنه‌ی سیل با دوره بازگشت ۲ ساله به‌طور متوسط حدود ۵۰ درصد از کل مساحت تحت تأثیر سیل ۲۰۰ ساله را به خود اختصاص می‌دهد، به‌منزله‌ی یک عامل تأثیرگذار در آزمون آماری محسوب می‌شود. بنابراین بار دیگر مقایسه‌ی آماری بین مساحت پهنه‌های سیل در دوره بازگشت‌های مختلف، با حذف دوره بازگشت ۲ ساله انجام



تصویر ۵: نقشه‌ی عناصر در معرض خطر سیل منطقه‌ی مورد مطالعه با دوره بازگشت ۲۰۰ سال



تصویر ۶: نمودار تغییرات کلاس ریسک کاربری فعلی و آمایشی در دوره بازگشت‌های متفاوت

۱۳۹

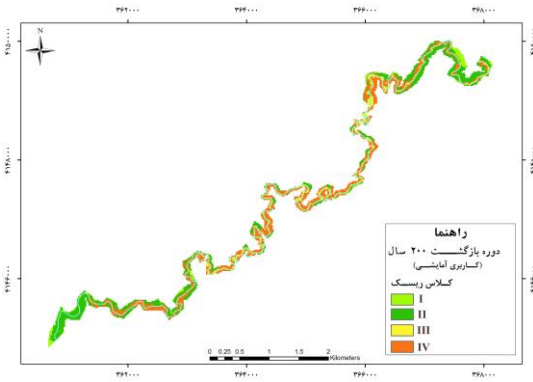
شماره یازدهم

بهار و تابستان  
۱۳۹۶

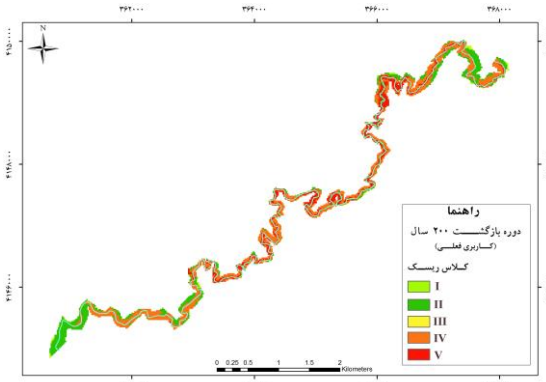
دوفصلنامه  
علمی و پژوهشی

بهرین

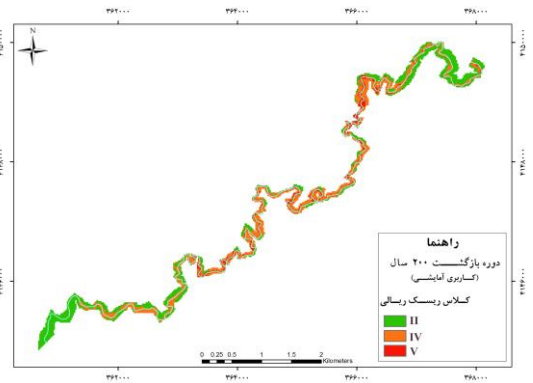
حوضه‌ی آبخیز سد بوستان  
ارزیابی اثر سناریوی کاربری آمایشی در خطر و خسارت سیل



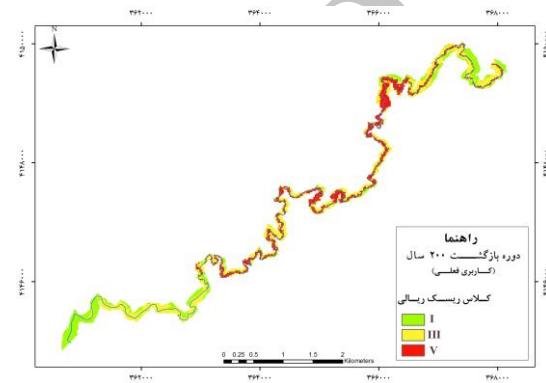
تصویر ۸: نقشه‌ی ریسک سیل با دوره بازگشت ۲۰۰ سال در شرایط کاربری آمایشی



تصویر ۷: نقشه‌ی ریسک سیل با دوره بازگشت ۲۰۰ سال در شرایط کاربری فعلی



تصویر ۱۰: نقشه‌ی ریسک ریالی سیل با دوره بازگشت ۲۰۰ سال در شرایط کاربری آمایشی



تصویر ۹: نقشه‌ی ریسک ریالی سیل با دوره بازگشت ۲۰۰ سال در شرایط کاربری فعلی

جدول ۱۲: آزمون مربع کای برای مقایسه خسارت ریالی در دوره بازگشت و کاربری‌های مختلف

خسارت ریالی در هکتار (هزار ریال)		دوره بازگشت	
کاربری آمایشی	کاربری فعلی		
۴۹۹۱۵/۵۹	۳۳۹۱۵/۶۶	۲	
۹۲۲۴۴/۰۳	۹۱۵۱۳/۵۷	۵	
۹۱۸۱۳/۶۸	۱۰۴۳۶۲/۵۶	۱۰	
۱۰۶۴۲۴/۳۰	۱۰۰۸۳۶/۹۸	۲۵	
۱۰۳۴۹۴/۲۶	۸۹۷۹۸/۹۳	۵۰	
۹۱۵۰۰/۰۶	۸۸۲۳۸/۴۹	۱۰۰	
۸۸۳۹۵/۵۰	۸۶۷۴۲/۰۳	۲۰۰	
۸۹۱۱۲/۴۹	۸۵۰۵۸/۳۲	میانگین	
۲۳۱۸۶/۴۵"	۳۸۹۶۴/۶۳"	بین دوره بازگشت‌ها	مربع کای
۹۱۰"		بین کاربری‌ها	

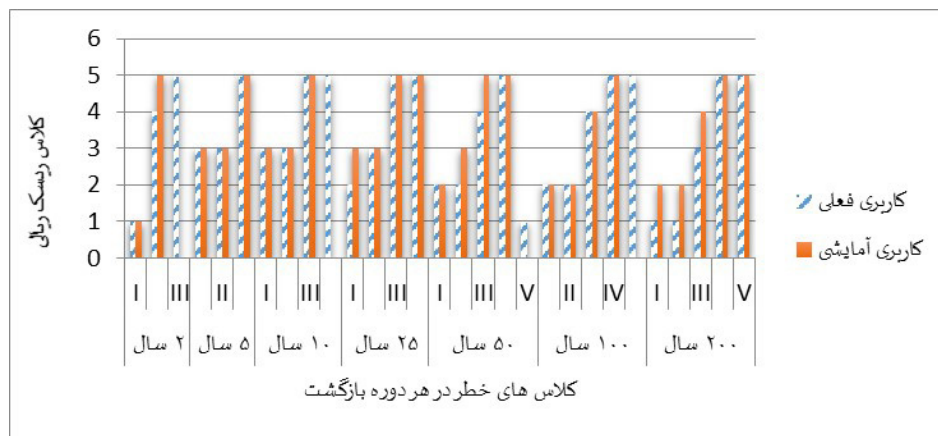
(n.s) بدون معنا، (\*) معنادار در سطح ۵ درصد، (\*\*\*) معنادار در سطح ۱ درصد.

خطر، خسارت ریالی در هر هکتار برای هر کلاس خطر به دست آمد. تصویرهای ۹ و ۱۰ نقشه‌های خسارت ریالی سیل را برای دوره بازگشت‌های مختلف در دو شرایط فعلی و سناریو آمایشی نشان می‌دهند. در نهایت برای مقایسه‌ی خسارت ریالی در دوره بازگشت‌های متفاوت و کاربری‌های مختلف از آزمون آماری مربع کای استفاده گردید (جدول ۱۲). تغییرات کلاس ریسک ریالی در هر

### - خسارت ریالی سیل

برای برآورد خسارت پتانسیل به ریال، هزینه‌ی تحمیل شده در سال ۱۳۹۱ بر هر واحد از مرتع، جنگل و اراضی کشاورزی موجود در منطقه به منزله‌ی عناصر در معرض خطر سیل برآورد شد و به هر یک از آن‌ها ضرب گردید، آن‌گاه بر اساس کلاس‌های شدت





تصویر ۱۱: نمودار تغییرات کلاس ریسک ریالی در دوره بازگشت های مختلف کاربری فعلی و آمایشی

وجود دارد. نتایج مقایسه‌ی میزان خسارت بین دو کاربری فعلی و آمایشی نیز در سطح ۱ درصد معنادار شد (جدول ۱۲) و نشان داد که میزان خسارت ریالی در کاربری آمایشی به طور معناداری افزایش یافته است، که این امر به علت وجود عناصر با ارزش بیشتر (اراضی کشاورزی) در کاربری آمایشی است. با توجه به جدول ۱۲ می‌توان مشاهده کرد که بعد از دوره بازگشت ۲۵ سال، خسارت سیل در هر دو کاربری به تدریج کاهش یافته است.

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تحقیق می‌توان گفت، نقشه‌های سطح و عمق سیل می‌توانند ضمن شناساندن مناطق مستعد سیل‌گیری، به‌عنوان وسیله‌ای قانونی در کنترل و مدیریت کاربری اراضی و برنامه‌ریزی‌های توسعه و حفاظت محیط زیست، مورد استفاده قرار گیرند، همچنان که غفاری و امینی [۱۹] نیز بر نقش مثبت این تحقیقات در ارائه‌ی الگوهای مدیریتی کنترل سیل تأکید داشته‌اند.

نتایج این تحقیق نشان داد که به‌طور کلی کاربری نامناسب اراضی و پیشروی بی‌رویه در امتداد و حریم رودخانه، می‌تواند موجب افزایش دبی اوج سیلاب‌ها و در نتیجه افزایش سطح و عمق پهنه‌های سیل‌گیر گردد که از این لحاظ با نتایج لئوپولد [۲۸]، نووتنی و الم [۲۹]، آلامیلا [۳۰]، خلیلی‌زاده و همکاران [۳۱]، غفاری و همکاران [۷] مشابهت دارد.

همچنین نتایج مقایسه‌ی پهنه‌های سیل در دو کاربری فعلی و آمایشی حاکی از آن است که میزان خطر سیل در دوره بازگشت‌های مختلف با اعمال سناریوی آمایشی در آبخیز سد بوستان، کمتر شده است. بنابراین کاربری آمایشی نقش مؤثری در کاهش خطر سیل داشته است.

در تحقیق حاضر برای ارزیابی خسارت سیل از معادله‌ی ریسک  $R=H.E.V$  استفاده گردید، در حالی که در مطالعات انجام شده در داخل کشور در زمینه‌ی ارزیابی خسارت سیل مانند تحقیقات انجام شده توسط غفاری و همکاران [۷]، اغلب از منحنی‌های تراز- خسارت، استفاده می‌شود که تنها بر اساس تراز یا عمق سیلاب ترسیم می‌شوند و درجه‌ی حساسیت‌پذیری و در معرض

کلاس خطر کاربری فعلی و آمایشی برای دوره بازگشت‌های متفاوت در تصویر ۱۱ قابل مشاهده است.

با توجه به اینکه ۳ عنصر در معرض خطر در منطقه شناسایی شده بود، کلاس‌های سیل با دوره بازگشت‌های مختلف بر اساس انواع عناصر در معرض خطر موجود به سه کلاس کم، متوسط و زیاد تقسیم شدند. نتایج جدول ۱۱ نشان داد که پهنه‌ی سیل با دوره بازگشت ۲۵ سال و بیشتر از آن، بیش از ۹۰ درصد از عناصر در معرض خطر سیل موجود در پهنه‌ی سیل ۲۰۰ ساله را شامل می‌شود. پس از تعیین عدد آسیب‌پذیری عناصر در معرض خطر، براساس ارزش عددی آن‌ها به ۵ کلاس خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم شد و در نهایت کلاس‌های ریسک پتانسیل و ریالی در منطقه‌ی مورد مطالعه نیز بر اساس همان ۵ کلاس تقسیم‌بندی شدند. تصاویر ۶ و ۱۱ نشان دادند که کلاس ریسک پتانسیل در کاربری فعلی بیشتر از کاربری آمایشی است اما کلاس ریسک ریالی و در واقع میزان خسارت ریالی در کاربری آمایشی بیشتر از کاربری فعلی است.

نتایج جدول ۱۱ نشان می‌دهد که درصد مساحت عناصر در معرض خطر سیل با دوره بازگشت ۲ ساله برای سناریو آمایشی بیش از کاربری فعلی است، در حالی که کلاس خطر در کاربری آمایشی برای سیل ۲ ساله کمتر شده است. با توجه به پارامترهای معادله‌ی ریسک می‌توان این‌گونه بیان کرد که کاربری آمایشی بزرگی خطر (H) را کم نموده زیرا عمق و کلاس خطر سیل در آن کم شده است، حال آنکه امکان دارد مساحت عناصر در معرض خطر (E) در آن بیشتر شده باشد. سپس با توجه به درجه‌ی آسیب‌پذیری عناصر (V) مقدار ریسک برآورد می‌شود که در تحقیق حاضر ریسک پتانسیل در کاربری آمایشی کمتر شده است. اما به طور کلی می‌توان گفت کاربری آمایشی نقش مهمی در کم کردن بزرگی خطر سیل داشته است و برای برآورد خسارت پارامترهای دیگری نیز در معادله وارد خواهند شد.

آزمون مربع کای برای مقایسه‌ی خسارت ریالی در دوره بازگشت‌های مختلف در هر دو کاربری فعلی و آمایشی در سطح ۱ درصد معنادار شد (جدول ۱۲) و نشان داد که اختلاف معناداری بین میزان خسارت در پهنه‌های سیل با دوره بازگشت‌های مختلف

8. Penning-Rowsell, E., Floyd, P., Ramsbottom, D., and Surendran. (2005). Estimating injury and loss of life in floods: a deterministic framework. *Natural hazards*, 36, 43-64.
9. Beavers, M.A. (1994). *Floodplain determination using HEC-2 and Geographic Information Systems. Masters Thesis*, Department of Civil Engineering, The University of Texas at Austin.
10. CES (Continuing Engineering Studies). (1998). *HEC river analysis system: river and flood plain hydraulics. The University of Texas at Austin, College of Engineering*.
11. Stephen, R. (2002). Hydrologic investigation by the U.S. Geological Survey following the 1996 and 1997 flood in the Upper Yellowstone River, Montana. American Water Resources Association, 19th Annual Montana Section Meeting, Section One, 1-18.
12. Cowan, W.L. (1956). Estimation hydraulic roughness coefficients. *Agricultural Engineering*, Vol. 37, No. 7, 473-475.
13. Chow, V. T. (1982). *Open-Channel Hydraulics*. McGraw-Hill Publishing Company.
14. Chow, V. T., Maidment, D. and Larry W. M. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill Publishing Company.
15. Hill M. (2001). Floodplain delineation using the HEC-GeoRas extension for ArcView. Brigham Young University, CeEn 514, Winter. 21 Pp.
۱۶. جمشیدی، م. (۱۳۸۸). پهنه‌بندی خطر و خسارت و برنامه‌ی مدیریتی تپه‌های ماسه‌ای ارگ خارتوران- استان سمنان. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
17. Porter, J.W., Xiaotao, Ch. And Jinzhang, Z. (2005). National flood management strategy study, 10 p.
۱۸. کریمی، ا. (۱۳۸۹). *ارزیابی خطر، خسارت و برنامه مدیریت زمین لغزش حوضه‌ی آبخیز چهل چای، استان گلستان*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۴۷.
۱۹. غفاری، گ.، امینی، ع. (۱۳۸۹). مدیریت دشت‌های سیلابی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مطالعه‌ی موردی: رودخانه‌ی قزل‌اوزن. فصلنامه‌ی علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی، سال دهم، شماره‌ی ۲۲، ۱۱۷-۱۳۴.
۲۰. وهابی، ج. (۱۳۷۶). *پهنه‌بندی سیل با به‌کارگیری سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در حوضه‌ی آبخیز طالقان*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه تربیت مدرس.
۲۱. صفری، ع. (۱۳۸۱). *تعیین الگوی مدیریت بهینه در دشت‌های سیلابی (مطالعه‌ی موردی رودخانه‌ی نکارود)*. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تهران.

قرارگیری عناصر، مورد توجه قرار نمی‌گیرد. پلات [۳۲] و پنینگ - روسل و همکاران [۸] نیز برای ارزیابی خسارت سیل از معادله‌ی ریسک استفاده نمودند.

نتایج حاصل از برآورد خسارت نشان داد که کلاس ریسک پتانسیل در کاربری فعلی بیشتر از کاربری آمایشی است اما میزان خسارت ریالی در کاربری آمایشی بیشتر از کاربری فعلی است، که علت آن را می‌توان وجود مساحت بیشتری از اراضی کشاورزی (به عنوان کاربری با ارزش بیشتر) در پهنه‌های سیل‌گیر کاربری آمایشی، نسبت به کاربری فعلی بیان نمود.

بنا بر مطالب مذکور در بخش نتایج، می‌توان نتیجه گرفت که تمرکز بخش عمده‌ای از سرمایه در پهنه‌ی دشت سیلابی زیر ۲۵ سال، در جایی که از نظر قانونی جزئی از حریم رودخانه به شمار می‌رود، نشان از کاربری غیر اصولی اراضی در این مناطق دارد و لازم است که با وضع قوانین و اجرای مقررات عمران دشت‌های سیلابی که یکی از مکانیسم‌های مستقیم کنترل کاربری اراضی در این مناطق است، کاربری نادرست اراضی اطراف رودخانه به کاربری مجاز آن تبدیل گردد [۱۹].

## پی‌نوشت

1. Penning-Rowsell
2. Hydrologic Engineering Center- River Analysis System
3. Cowan
4. Nonparametric

## منابع

1. Makhdoum, M. F. (1992). Environmental Unit: An arbitrary ecosystem for land evaluation. *AGEE* 41(2), 209-214.
۲. مخدوم، م. (۱۳۸۹). *شالوده‌ی آمایش سرزمین*، انتشارات دانشگاه تهران.
۳. هادیانی، میرامید (۱۳۸۶). نقش تغییر کاربری اراضی بر دبی سیلاب‌های منطقه‌ای (مطالعه‌ی موردی در حوضه‌ی آبخیز مادرسو). *محیط‌شناسی*، سال ۳۳، شماره‌ی ۹، ۴۲-۱۶.
۴. بهرامی، س. ع. (۱۳۸۸). *بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات هیدرولوژیک حوضه‌ی آبخیز سد بوستان - استان گلستان با استفاده از مدل HEC-HMS*. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۵. موسوی بایگی، س. م.؛ فرید حسینی، ع. ر.؛ علیزاده، ا.؛ اینانلو، م. (۱۳۹۱). بررسی تغییرات ضریب زبری مانینگ در پیش‌بینی هیدرولیکی سیلاب (مطالعه‌ی موردی: اترک میانی). *نشریه‌ی آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)*، جلد ۲۶، شماره‌ی ۱، ۱۸۳-۱۹۲.
۶. اونق، م. (۱۳۸۱). *آمایش سرزمین و مدیریت مجتمع خطرات طبیعی استان گلستان*. خلاصه مقالات سمینار کاهش اثرات و پیشگیری از سیل. ۲۵-۲۶ دی، گرگان، ص ۹.
۷. غفاری، گ.؛ سلیمانی، ک.؛ مساعدی، ا. (۱۳۸۶). *پهنه‌بندی خطر و ارزیابی خسارت سیل با استفاده از HEC-GeoRAS (مطالعه‌ی موردی رودخانه‌ی بابلرود)*. *نشریه‌ی دانشکده منابع طبیعی*، دوره‌ی ۶۰، شماره‌ی ۲، ۴۳۹-۴۵۱.

۱۴۲

شماره یازدهم  
بهار و تابستان  
۱۳۹۶  
دوفصلنامه  
علمی و پژوهشی



حوضه‌ی آبخیز سد بوستان  
ارزیابی اثر سناریوی کاربری آمایشی در خطر و خسارت سیل

۲۲. جلالی‌راد، ر. (۱۳۸۱). پهنه‌بندی سیل در بخشی از حوزه‌ی آبخیز شهری تهران با استفاده از GIS. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس.
۲۳. خلیلی‌زاده، م. (۱۳۸۲). ارزیابی خطر و مدیریت سیل در شهر گرگان. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۲۴. مساعدی، ا. و توکلی، م. (۱۳۸۲). بررسی مناسب‌ترین روش تعیین ضریب مانینگ و پهنه‌بندی خطر سیل در بخشی از ترک میانی (مراوه). مجله‌ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال دهم، شماره‌ی ۴، ۵۵-۶۴.
۲۵. غریب، م.، مساعدی، ا.، نجفی‌نژاد، ع. و یخکشی، م. ا. (۱۳۸۶). پهنه‌بندی خطر و ارزیابی خسارت سیل (مطالعه‌ی موردی محدوده رودخانه قره‌چای در حومه‌ی شهر رامیان). نشریه‌ی دانشکده‌ی منابع طبیعی، دوره‌ی ۶۰، شماره‌ی ۳، ۷۸۵-۷۹۷.
۲۶. بمانی، م.، تورانی، م. و چزغه، س. (۱۳۹۱). تعیین پهنه‌های سیل‌گیر با استفاده از مدل HEC-RAS (مطالعه موردی: بالادست سد طالقان از پل گلینک تا پل وشته). مجله‌ی جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره‌ی اول، ۱-۱۶.
۲۷. ولیزاده‌کامران، خ. (۱۳۸۶). کاربرد GIS در پهنه‌بندی خطر سیلاب (مطالعه موردی: حوزه‌ی رود لیکوان). مجله‌ی فضای جغرافیایی، سال هفتم، شماره‌ی ۲۰، ۱۵۳-۱۶۹.
28. Leopold, L.B. (1968). Hydrology for urban land planning, A guidebook on the hydrologic effects of urban land use, U.S. Geol. Circ. 554, USGS, Washington, DC, 18 Pp.
29. Novotny, V., and Olem, H. (1994). Water quality: prevention, identification, and management of diffuse pollution, Van Nostrand Reinhold, New York, 250-258.
30. Alamilla, S. (2001). GIS based approach to floodplain delineation and flood risk estimation applied to the Oak Creek watershed, Master of Science thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Marquette University, Milwaukee, 4-15.
۳۱. خلیلی‌زاده، م.، مساعدی، ا. و نجفی‌نژاد، ع. (۱۳۸۴). پهنه‌بندی خطر سیل در بخشی از محدوده‌ی رودخانه‌ی زیارت در حوزه‌ی آبخیز شهری گرگان. مجله‌ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، سال دوازدهم، شماره‌ی ۴، ص ۱۳۸-۱۴۶.
32. Plate, E.J. 2002. Flood risk and flood management. *Journal of Hydrology* 267, 2-11.