



**معاونت پژوهشی و فناوری**

**گزارش نهایی طرح تحقیقاتی**

**تحلیل فضایی مخاطره سیلاب در حوضه آبریز نیرچای با استفاده از مدل HEC-HMS  
و منطق فازی**

**مجری طرح**

**دکتر فریبا اسفندیاری**

**همکاران طرح**

**منصور خیری زاده آروق**

**مسعود رحیمی**

**دانشکده ادبیات و علوم انسانی**

**این طرح با تصویب و حمایت مالی حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا  
گردیده است.**

**۱۳۹۸**

## چکیده

سیلاب‌ها جزو فراوان‌ترین و مخرب‌ترین بلایای طبیعی محسوب می‌شوند که همه ساله موجب خسارات جانی و مالی سنگینی می‌شوند. به دلیل دستکاری انسان در سیستم‌های رودخانه‌ای و ساخت و ساز در حریم رودخانه‌ها خسارات سیلاب دارای روند صعودی است. در این رابطه، یکی از مهم‌ترین اقدامات غیرسازه‌ای در جهت کاهش خسارات سیلاب تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیل و استفاده از آنها در برنامه‌ریزی‌های مکانی است. در این تحقیق خطر سیلاب در حوضه آبریز نیرچای واقع در استان اردبیل مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا، از مدل HEC-HMS برای شبیه‌سازی بارش- رواناب و شناسایی پهنه‌های سیل‌خیز و از منطق فازی به منظور روی هم- گذاری لایه‌های موضوعی و تهیه نقشه خط سیلاب استفاده شد. نتایج شبیه‌سازی نشان‌دهنده کارایی بالای مدل HEC-HMS در شبیه‌سازی بارش- رواناب حوضه آبریز نیرچای و برآورد دبی‌های پیک سیلاب می‌باشد. تبدیل بارش به رواناب در سطح حوضه نیرچای بیشتر در کنترل شیب و کاربری اراضی می‌باشد. بیشترین ارتفاع رواناب و دبی‌های پیک حوضه نیرچای در زیرحوضه‌های بالادست است. این امر به دلیل شیب زیاد، نفوذپذیری اندک خاک، فراوانی سطوح غیرقابل نفوذ و CN بالاست. ترکیب لایه‌های موضوعی با استفاده از منطق فازی نشان داد که در حدود ۸/۶ درصد از سطح حوضه در پهنه‌های با خطر بسیار بالای وقوع سیلاب واقع شده‌اند. این پهنه‌ها عمدتاً منطبق بر دشت سیلابی رودخانه نیرچای می‌باشند. این اراضی به علت کم‌عرض بودن دره و شیب کم همیشه در معرض سیلاب هستند. اکثر سکونتگاه‌های منطقه مطالعاتی در پایین دست حوضه مستقر شده‌اند. این امر باعث افزایش مخاطرات ناشی از سیلاب شده است.

واژگان کلیدی: سیلاب، مدل HEC-HMS، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، هم‌پوشانی فازی، نیرچای

# فصل اول

---

## مقدمه و هدف

---



## ۱-۱- مقدمه

بلایا و بحران‌ها سالانه میلیون‌ها نفر را تحت تاثیر قرار می‌دهند و باعث خسارت قابل توجه در سراسر جهان می‌شوند. به طور خاص، سیلاب‌ها در بین فاجعه‌بارترین بلایای طبیعی در سطح جهان از لحاظ تاثیر بر زندگی انسان و اقتصاد می‌باشند. به عنوان مثال، در دو دهه گذشته، سیلاب‌ها ۵۵ درصد از افرادی که تحت تاثیر بلایای طبیعی قرار گرفته‌اند را شامل می‌شوند و سهم عمده‌ای از زیان‌های اقتصادی را به خود اختصاص داده‌اند (Revilla-Romero et al., 2015). اگر چه فراوانی بلایای ژئوفیزیکی (زمین لرزه‌ها، سونامی‌ها، فوران‌های آتشفشانی و حرکات توده‌ای) در ۲۰ سال گذشته عموماً ثابت باقی مانده‌اند اما رویدادهای مربوط به اقلیم (عمدتاً سیلاب‌ها و طوفان‌ها) به طور قابل توجهی افزایش یافته‌اند (مرکز تحقیقات بر روی اپیدمیولوژی بلایای طبیعی، استراتژی بین‌المللی سازمان ملل برای کاهش بلایای طبیعی<sup>۱</sup> (CRED, UNISDR), ۲۰۱۵). بین سال‌های ۱۹۹۴ و ۲۰۱۳، سیلاب‌ها ۴۳ درصد از تمامی بلایای ثبت شده (در مجموع ۶۸۷۳ در سراسر جهان) توسط پایگاه داده رویدادهای اضطراری<sup>۲</sup> EM-DAT را شامل می‌شوند (Guha-Sapir et al., 2017). در این پژوهش، خطر سیلاب در سطح حوضه آبریز نیرچای واقع در استان اردبیل مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این رابطه، در فصل حاضر به بیان مساله، اهداف، فرضیات، پیشینه و چارچوب نظری تحقیق پرداخته می‌شود.

## ۱-۲- بیان مساله

سیلاب غالباً به پدیده‌ای گفته می‌شود که با زیر آب بردن زمین‌ها و نواحی ساحلی، آثار بسیار زیان‌آوری برجای می‌گذارد. مسائل مربوط به سیلاب، گوناگون بوده و طبیعت بسیار پیچیده‌ای دارد. هجوم سیلاب باعث از بین رفتن امکانات، وارد آمدن خسارات جانی و اخلاقی در استفاده از بزرگراه‌ها و راه آهن می‌شود. علاوه بر آن، سیلاب مانعی برای زهکشی موثر و استفاده اقتصادی از اراضی برای اهداف کشاورزی و صنعتی است. به دلیل وقوع

---

<sup>۱</sup> - Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, UN International Strategy for Disaster Reduction

<sup>۲</sup> - Emergency Events Database EM-DAT

جریان یا رواناب زیاد در حوضه آبریز رودخانه‌ها، فرسایش‌های عظیمی در سطح حوضه اتفاق می‌افتد و نهایتاً مشکلات عدیده‌ای را در پایین دست بوجود می‌آورد که ناشی از ته‌نشین و انباشته شدن رسوب است (گش، ۱۳۷۷: ۵). سیلاب‌ها از لحاظ بزرگی و اثرات انسانی مخرب‌ترین بلایای طبیعی می‌باشند (Proverbs and Soetanto, 2004: 1). به طوریکه، در مقایسه با سایر بلایای طبیعی، سیلاب‌ها حدود ۲۰-۴۰ درصد از رخدادهای گزارش شده را شامل می‌شوند (Sene, 2008: 8). در یک دوره ده ساله (۱۹۷۷-۱۹۸۸) حدود ۳۹۰۰۰۰ نفر در اثر بلایای طبیعی در جهان کشته شده‌اند که ۵۸٪ این آمار مربوط به تلفات سیل، ۲۶٪ مربوط به زلزله و ۱۶٪ در اثر طوفان و بلایای دیگر بوده است (حسینی و مطلبی فر، ۱۳۸۶: ۳۸-۳۵). به همین دلیل، سازمان ملل متحد با توجه به آمارهای درازمدت از نقاط مختلف جهان، سیل را در زمره جدی‌ترین بلایای طبیعی قلمداد کرده است. آمارها نشان می‌دهد که فقط تعداد معدودی از کشورها بطور جدی از خسارات این بلیه مصون می‌باشند (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۸۰: ۷-۶).

آمارهای مختلف نشان می‌دهند که خطر وقوع سیلاب در طی زمان افزایش یافته است، بخصوص از زمانیکه بسیاری از کشورها مجوز ساخت و ساز در دشت‌های سیلابی را صادر کردند و حتی رشد تجاری و مسکونی در این مناطق را تشویق نمودند (Kusky, 2008: 61). درواقع، هنگامی که منطقه حریم رودخانه‌ها توسط انسان اشغال می‌شود سیلاب‌ها بسیار خطرناک و آسیب‌رسان می‌شوند (Wohl, 2000: 5). ازاینرو، با توسعه بیشتر دشت‌های سیلابی، تلفات و هزینه‌های مربوط به سیلاب‌ها نیز زیادتر می‌شوند (Hyndman and Hyndman, 2009: 334). بررسی‌ها و مطالعات نشان داده است که علت افزایش خسارات سیلاب در دنیا، افزایش تکرار و یا بزرگی طغیان‌ها نبوده، بلکه استفاده گسترده از اراضی دشت‌های سیلابی مهم‌ترین نقش را داشته است. لذا تدوین برنامه‌ای جامع با هدف مهار و کنترل و بهره‌برداری بهینه با اعمال اقدامات مدیریتی متناسب با کلیه عوامل دخیل در ایجاد سیلاب‌های منطقه‌ای ضرورت می‌یابد (رضوی، ۱۳۸۷: ۹۰).

وقوع سیلاب پدیده‌ای اجتناب‌ناپذیر است و با اینکه نمی‌توان جلوی رخداد آن را گرفت اما با اقداماتی می‌توان خسارات و اختلالات ناشی از آن را به حداقل رساند (Proverbs and Soetanto, 2004: 9). در این

زمینه، کنترل کاربری اراضی، پهنه‌بندی و برنامه‌ریزی، عوامل مهمی محسوب می‌شوند (Committee on Risk-Based Analysis for Flood Damage Reduction, 2000: 31). از اینرو، با توجه به علل مختلف و موثر در بروز سیلاب، می‌توان با اعمال روش‌ها، اقدامات و راهکارهای علمی و عملی، از وقوع بسیاری از سیل‌ها جلوگیری کرده و در سیل‌هایی که نتوان از وقوع آنها جلوگیری کرد، با انجام اقدامات مختلف از جمله پهنه‌بندی سیل و به دنبال آن تعیین کاربری مناسب برای مناطق سیل‌گیر، خسارات ناشی از آن را کاهش داد (زینی وند و همکاران، ۱۳۸۵: ۱-۱۴). بنابراین، نقشه‌های پهنه‌بندی سیل اطلاعات ارزشمندی را در رابطه با طبیعت سیلاب‌ها و اثرات آن بر اراضی دشت سیلابی ارائه می‌دهند. در نتیجه امکان ارسال هشدارهای مناسب در مواقع خطر سیل و تسهیل عملیات امداد و نجات را فراهم می‌کنند. در پهنه‌بندی سیل به منظور کنترل کاربری و توسعه اراضی، نواحی سیلاب‌دشت به قسمت‌هایی با خطرپذیری‌های متفاوت تقسیم می‌شوند. پهنه‌بندی برای مشخص شدن میزان خطرپذیری به سیلاب برای استفاده کنندگان محتمل، شناسایی نواحی برای بیمه سیل و ایجاد محدودیت‌های اجباری کاربری در مناطق خطرپذیر می‌باشد و بایستی قدرت لازم برای اعمال محدودیت‌های ناشی از آن وجود داشته باشد (ولیزاده، ۱۳۸۶: ۱۶۹-۱۵۳).

در این تحقیق، خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز نیرچای (آغلاغان‌چای) واقع در شهرستان نیر استان اردبیل مورد تحلیل فضایی قرار می‌گیرد. حوضه آبریز نیرچای به دلیل موقعیت جغرافیایی و قرارگیری در دامنه‌های جنوبی سبلان از پتانسیل بالایی برای وقوع سیلاب برخوردار می‌باشد. در این زمینه می‌توان به سیلاب فروردین ماه سال ۱۳۹۶ اشاره کرد که خسارات زیادی را به اراضی کشاورزی، روستاها و شهر نیر وارد ساخت. به همین دلیل، ضرورت دارد که رخداد آن از نظر فضایی مورد تحلیل قرار گرفته و از این طریق نسبت به کاهش خسارات آن اقدام شود. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند منجر به شناسایی پهنه‌های با خطر بالای رخداد سیلاب شده و از این طریق در موضوعات برنامه‌ریزی و مدیریت مورد استفاده قرار گیرد.

## ۱-۳- اهداف تحقیق

مهم‌ترین اهداف این پژوهش را می‌توان به شرح ذیل بیان داشت:

- شناسایی و تعیین مهم‌ترین متغیرهای موثر بر وقوع سیلاب در حوضه آبریز نیرچای
- کاربرد مدل HEC-HMS و منطق فازی در پهنه‌بندی و تحلیل فضایی مخاطره سیلاب در حوضه آبریز نیرچای
- تهیه نقشه خطر وقوع سیلاب و شناسایی پهنه‌های با بیشترین احتمال خطر سیلاب در سطح حوضه آبریز نیرچای

## ۱-۴- فرضیات تحقیق

- متغیرهای مورفومتریکی تاثیر زیادی بر رخداد سیلاب حوضه آبریز نیرچای دارند.
- نتایج مدل HEC-HMS در ترکیب با منطق فازی از کارایی بالایی در پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب حوضه آبریز نیرچای برخوردار می‌باشد.
- شهر نیر در پهنه‌های با خطر بالای وقوع سیلاب واقع شده است.

## ۱-۵- پیشینه پژوهش

داورزنی (۱۳۸۳)، عوامل موثر در ایجاد و تشدید سیلاب را از دیدگاه عوامل طبیعی از جمله خصوصیات ژئومورفولوژیک در حوضه داورزن مورد تحقیق و بررسی قرار داده و پهنه‌های سیل‌خیز را در سطح حوضه مورد نظر با بکارگیری نرم افزار ILWIS در قالب مدل‌های مختلف Boolean Logic، Fuzzy Logic و Index Overlay، تعیین نموده است.

وهایی (۱۳۸۵)، پهنه‌بندی خطر سیل را برای حوضه طالقان‌رود با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی و با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار ILWIS انجام داده است و محدوده و میزان اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی را

که در صورت وقوع سیلاب به مخاطره خواهند افتاد برای سیلاب با دوره بازگشت‌های ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله مشخص کرده است.

اسلامی و ثقفیان (۱۳۸۷)، برای حوضه‌های آبخیز ناحیه غربی خزر، نقش عوامل مورفومتری و اقلیمی موثر در برآورد دبی‌های اوج سیلاب لحظه‌ای و چگونگی تغییرات آن در دوره بازگشت‌های مختلف را با استفاده از روابط منطقه‌ای به روش رگرسیون چند متغیره و شاخص سیل مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که منحنی‌های دبی نسبت به مساحت در دو طبقه شیب ۱۰ تا ۲۵ درصد و ۲۵ تا ۳۵ درصد و نیز حوضه‌های با بارش بیش از ۸۰۰ میلی‌متر همواره روند افزایشی دارند. اما این منحنی‌ها در طبقه شیب ۳۵ تا ۴۵ درصد و طبقه مربوط به بارش کمتر از ۸۰۰ میلی‌متر دارای یک بخش صعودی و یک بخش نزولی می‌باشند. این تغییرات به گونه‌ای است که مقادیر دبی جریان با افزایش مساحت حوضه، تا یک مقدار معینی افزایش و سپس روند کاهشی را دنبال می‌کنند.

نجفی و نصری (۱۳۸۸)، عوامل موثر در سیلاب، شامل ویژگی‌های مربوط به توپوگرافی، آب و هوا، هیدرولوژی، خاک، زمین شناسی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی زیرحوضه‌های منتهی به ایستگاه‌های هیدرومتری را تعیین و محاسبه کردند. نتایج حاصل از انجام تحلیل عاملی نشان داد که عوامل زمان تمرکز با وزن ۳۷/۹ درصد، شیب سطح حوضه با ۲۹ درصد و تراکم زهکشی آبراهه‌های درجه ۱ با وزن ۲۴/۶ درصد، دارای بیشترین تاثیر در ایجاد و یا تشدید دبی‌های سیلابی در منطقه مورد مطالعه است.

امیراحمدی و شیران (۱۳۸۸) در پژوهشی از روش شبیه‌سازی هیدرولوژیکی HEC-HMS برای بازسازی مدل حوضه کرون و بررسی و روندیابی هیدروگراف‌های سیل در آن و نیز برای تحلیل حساسیت دبی سیلابی حوضه نسبت به تغییر دو پارامتر قابل مدیریت ژئومورفولوژی در سیلاب شامل: شیب، CN و مساحت در هر یک از زیرحوضه‌ها و در گستره منطقی خود استفاده کردند. نتایج نشان می‌دهد نحوه مشارکت زیرحوضه‌ها در سیل خروجی لزوماً متناسب با دبی اوج زیرحوضه‌ها نبوده و زیر حوضه‌های با دبی اوج بیشتر ضرورتاً تاثیر بیشتری در سیل خروجی حوضه ندارند. همچنین آنالیز حساسیت زیرحوضه‌ها نسبت به متغیرهای قابل کنترل از نظر



مدیریتی نشان می‌دهد که با اعمال اثرات روندیابی، زیرحوضه‌ها در مقابل تغییرات این متغیرها، رفتارهای متفاوتی داشته‌اند.

چیداز و همکاران (۱۳۸۸)، در تحقیقی به مقایسه سه روش اشنایدر، روش هیدروگراف واحد SCS و کلارک در برآورد هیدروگراف سیلاب حوضه آبریز کسلیان پرداختند. در مرحله بعد، تحلیل حساسیت مدل نسبت به پارامترهای مختلف را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق، با استفاده از الحاقیه HECGEO-HMS در نرم‌افزار ARC/VIEW، تعداد شش زیر حوضه انتخاب شد. با تهیه و تکمیل اطلاعات مورد نیاز به مدل در سیستم اطلاعات جغرافیایی، روش شماره منحنی در بخش تلفات، روش شبیه سازی هیدرولوژیکی SCS در بخش انتقال و روش ماسکینگام برای روندیابی سیل برگزیده شد. در این بررسی، با توجه به درصد اختلاف کمتر بین دبی مشاهداتی و محاسباتی و بررسی هیدروگراف‌ها، روش هیدروگراف واحد SCS به عنوان روش مناسب انتخاب شد. هم چنین تحلیل حساسیت مدل نسبت به پارامترهای مختلف نشان داد که تاثیرگذارترین عامل بر مدل زمان تاخیر می‌باشد. در این تحقیق، با استفاده از روش حذف متوالی زیرحوضه‌ها، نقش کلیه زیر حوضه‌ها در هیدروگراف سیل خروجی تعیین و بر اساس آن اولویت‌بندی انجام گرفت. نتایج نشان می‌دهد میزان مشارکت زیر حوضه‌ها در سیل خروجی با مساحت آنها رابطه مستقیم ندارد.

امیدوار و کیان فر (۱۳۸۹)، از روش‌های آماری تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای به منظور تعیین پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌های حوضه آبریز کنجانچم استفاده کردند. بدین منظور داده‌های ۲۸ متغیر زیرحوضه‌ها را توسط نرم افزار SPSS پردازش کردند و در قالب پنج عامل اصلی (شکل، آبراهه، شیب، زهکشی و رواناب) خلاصه‌سازی کردند. نتایج بدست آمده بیانگر این است که عامل شکل با مقدار ویژه ۹/۷۵ مهم‌ترین عامل در سیل‌خیزی حوضه مورد مطالعه به شمار می‌آید. عوامل آبراهه، شیب، زهکشی و رواناب به ترتیب با مقدار ویژه ۶/۵۵، ۳/۴۵، ۲/۵۱، ۲/۲۶ به ترتیب اولویت در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند.

قنواتی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی سعی کردند تا نواحی با بیشترین خطر رخداد سیلاب در حوضه فرحزاد را با استفاده از مدل فازی تعیین کنند. در این زمینه لایه‌های اطلاعاتی مربوط به شیب، انحنای پروفیل و

پلانیمتریک، ارتفاع، تراکم زهکشی، فاصله از آبراهه، لندفرمها و کاربری اراضی مورد استفاده قرار گرفته است. در نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر سیل‌گیری نواحی با خطر بسیار بالا در پایین دست حوضه و منطبق بر دره اصلی فرحزاد هستند. بیشتر مساحت منطقه مربوط به نواحی با خطر بسیار کم با مساحت ۱۴/۲۹ کیلومترمربع است. اغلب نواحی با خطر سیل‌گیری بسیار بالا در شیب‌های بین ۰-۲۰ درصد و واحدهای دره‌ای واقع گردیده‌اند. ارتفاع این سطوح اغلب بین ۲۳۰۰-۲۶۵۰ متر است و بیشتر در فاصله ۰-۱۳۰ متری از آبراهه فرحزاد واقع گردیده‌اند. سطح وسیعی از این پهنه‌ها دارای پوشش درختی و درختچه‌ای هستند. پهنه‌های با خطر سیل‌گیری بالا در اطراف پهنه‌های با خطر سیل‌گیری بسیار بالا هستند. این نواحی شیب‌های بین ۲۰-۴۰ درصد را شامل می‌شوند.

شکری (۱۳۹۱) به منظور تخمین سیلاب حوزه آبخیز ایدنک از مدل هیدرولوژیکی بارش-رواناب HEC-HMS استفاده کرد. سپس با استفاده از تابع حداقل‌سازی مجموع مربعات باقیمانده نسبت به عملیات واسنجی اقدام کرد و در نهایت نتایج حاصل از مرحله واسنجی را اعتبارسنجی نمود. نتایج نشان می‌دهند که استفاده از مدل بدون واسنجی غیر قابل اعتماد است. تکیه بر برآورد پارامترهای مدل (Ia, CN) با استفاده از روابط تجربی و روش‌های معمول تطابق ضعیفی بین رواناب مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده به بار خواهد آورد و ضرورت واسنجی را اثبات می‌کند. در مرحله واسنجی و اعتبارسنجی مدل اختلاف دبی اوج آبنمود مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده همواره کمتر از ۱۰ درصد می‌باشد و ضریب تبیین بین این آبنمودهای مشاهده‌ای و برآوردی ۰/۸۲ می‌باشد. نتایج مدل واسنجی شده دلالت بر کارایی مدل مذکور در برآورد رواناب و دبی اوج سیلاب دارد و نتایج اعتبارسنجی مدل در ارتباط با حجم رواناب مورد پذیرش نمی‌باشد. زیرا اختلاف بین حجم رواناب مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده بیش از ۳۱ درصد می‌باشد.

شرافتی و ذهبیون (۱۳۹۱) در تحقیقی با استفاده از مدل آماری تولید بارش (RPG)، مدل بارش-رواناب HEC-HMS و روش مونت کارلو، عدم قطعیت متغیرهای ورودی مدل بارش - رواناب نظیر الگوی توزیع زمانی بارش، عمق بارش، مدت بارش و پارامترهای مدل بارش - رواناب تک واقعه HEC-HMS مانند جریان پایه، تلفات

و هیدروگراف واحد را ارزیابی کردند. یکی دیگر از موارد بررسی شده در این تحقیق، نحوه انتشار و چگونگی همبستگی عدم قطعیت متغیرهای ورودی و پارامترهای مدل HEC-HMS در گزینه‌های مختلف است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین تأثیر بر عدم قطعیت بیشینه و حجم سیلاب، ناشی از عدم قطعیت مدت بارش، الگوی توزیع زمانی بارش و تلفات است.

جعفرنیا و امامعلی‌زاده (۱۳۹۲) به برآورد سیلاب حوضه آبریز رودخانه تالار با استفاده از مدل HEC-HMS پرداختند. برای کالیبره کردن مدل از داده‌های سیلاب اندازه‌گیری شده و هایتوگراف بارش منطقه استفاده کردند. نتایج تحقیق نشان داد که پیش‌بینی دبی اوج خطای اندکی داشته است. بیان می‌دارند که مدل یاد شده توانایی بسیار خوبی در پیش‌بینی دبی اوج سیلاب منطقه دارد. بنابراین این مدل می‌تواند برای پیش‌بینی سیلاب منطقه استفاده گردد.

مردانزادی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی کارایی مدل هیدرولوژیک HEC-HMS در شبیه‌سازی هیدروگراف حوضه‌های آبریز جنگلی خیرود پرداختند. در این مطالعه، برای تهیه نقشه شماره منحنی و ورود اطلاعات مدل فیزیکی حوضه آبخیز خیرود به برنامه HEC-HMS، از الحاقیه HEC-GEOHMS، نرم‌افزار ArcGIS و تصاویر ماهواره‌ای Google Earth استفاده شد. همچنین به منظور آنالیز آماری داده‌های حداکثر بارش روزانه ایستگاه باران‌سنجی، برای ورود مدل هواشناسی حوضه به برنامه HEC-HMS، از نرم‌افزارهای SPSS، Excel، Easy Fit و Curve Expert استفاده شد و هیدروگراف سیلاب با دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال شبیه‌سازی شد. در نهایت برای واسنجی مدل پس از بررسی داده‌های هیدرومتری ایستگاه خیرود، بین سه واقعه متناظر جهت واسنجی و اعتبارسنجی، دو واقعه جهت واسنجی و یک واقعه جهت اعتبارسنجی مدل استفاده شد. کارایی مدل HEC-HMS پس از واسنجی آن برای شبیه‌سازی دبی اوج سیلاب در حوضه مطالعه‌شده، مورد تأیید است.

طاهری تیزرو و همکاران (۱۳۹۵) به منظور تخمین رواناب مناطق فاقد آمار از تلفیق مدل‌های HEC-

HMS و GLDAS استفاده کردند. در این تحقیق مدل GLDAS، با مدل هیدرولوژیکی WMS/HEC-HMS

تلفیق شده و از آن به منظور انجام مطالعات بارش - رواناب منطقه پلرود استان گیلان استفاده گردید. در این خصوص از داده‌های مشاهداتی ایستگاه طول‌لات دوره آماری ۲۰۰۳-۲۰۰۵ برای واسنجی و سال ۲۰۰۶ برای صحت‌سنجی از طریق دو روش SMA و SCS به کار برده شد. نتایج نشان داد که هر دو روش SMA و SCS، در مرحله تلفیق دو مدل HEC-HMS و GLDAS نتایج بهتری را ارائه می‌دهند. ارزیابی نتایج بر اساس معیارهای ضریب تعیین ( $R^2$ )، ضریب نش-ساتکلیف (E)، خطای Bias، RMSE و درصد خطا نشان داد که تلفیق دو مدل HEC-HMS و GLDAS ابزار مفیدی جهت تخمین رواناب در نقاط فاقد آمار حوضه‌های آبریز خواهد بود.

حسین‌زاده و ایمنی (۱۳۹۵) به منظور برآورد ارتفاع رواناب و مطالعه وضعیت سیل‌خیزی و هیدرولوژیکی حوضه آبخیز قوچک - رودک، از مدل HEC- HMS استفاده کردند. به منظور اعتبارسنجی مدل ۵ واقعه بارش - رواناب از ایستگاه هیدروگرافی رودک استخراج و بعد از مدل‌سازی، مقدار دبی مشاهداتی با مقدار دبی محاسباتی مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج مدل در ارتباط با کارایی مدل مذکور در برآورد رواناب و دبی اوج سیلاب مورد پذیرش نمی‌باشد زیرا اختلاف بین دبی اوج مشاهداتی و محاسباتی بیش از ۲۰ درصد می‌باشد.

هارلین<sup>۱</sup> (۱۹۸۴)، تاثیر عوامل مورفومتری حوضه را بر شکل هیدروگراف سیل حوضه مورد بررسی قرار داده و روابط بین هیدروگراف سیل را با استفاده از همبستگی - رگرسیون چند متغیره با داده‌های مورفومتری حوضه بویژه منحنی هیپسومتری حوضه مورد تحلیل قرار داده است.

مک لین و همکاران (۲۰۰۱) ترکیبی از Arcview و الحاقی GIS-HEC را برای تحلیل مدل دشت سیلابی پاتارگا در لس‌آلاموس به کار گرفتند. این دشت در سال ۲۰۰۱ تحت تاثیر آتش‌سوزی قرار گرفته بود. داده‌های رواناب- بارش قبل از آتش‌سوزی توسط مدل HEC-HMS موجود بود. با کالیبره کردن مدل توسط داده‌های

---

<sup>۱</sup> - John M. Harlin

بارش در تابستان سال ۲۰۰۱ مشخص شد که اجرای مدل فوق همخوانی خوبی با داده‌های سیل منطقه دارد و هیدروگراف سیل برای بارش ۶ ساعته در دوره برگشت ۱۰۰ سال برای منطقه طراحی شد.

در زمینه شبیه‌سازی رفتار هیدرولوژیک حوضه‌های آبخیز، استون<sup>۱</sup> (۲۰۰۱) با بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی و نرم افزار HEC-HMS یک مدل بارش - رواناب ارائه نمود. نتایج حاکی از قابلیت این روش در شبیه‌سازی هیدروگراف سیلاب یک حوضه آبخیز می‌باشد.

امرسون<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۳)، با استفاده از مدل HEC-HMS به مدل‌سازی بارش - رواناب پرداختند. نتایج نشان داد که سطوح ذخیره، مقدار پیک جریان را برای واقعه رگبار کاهش می‌دهند.

یانیا<sup>۳</sup> (۲۰۰۸)، ویژگی‌های مورفومتریک متنوعی از حوضه رودخانه کولانگول در آرژانتین را به منظور برآورد خطرات سیلاب‌های ناگهانی مورد تحلیل قرار داده است. بدین منظور حوضه آبخیز را به هفت زیرحوضه تقسیم کرده و برخی مقادیر پایه‌ای مانند مساحت، محیط، طول حوضه، بستر رودخانه، ارتفاع و شیب بستر رودخانه اصلی و بستر تعدادی از رودخانه‌های رتبه پایین را محاسبه کرده است. نتایج نشان داد که این مقادیر اجازه پیش بینی تقریبی رفتار حوضه نسبت به سیلاب‌های ناگهانی را می‌دهد.

چن<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۹)، به بررسی سناریوهای تغییر کاربری اراضی و اثرات آن بر میزان رواناب پرداختند. آنها با استفاده از مدل HEC-HMS و ۷ واقعه منتخب و سناریوی کاربری اراضی آینده برای سال ۲۰۵۰ و کاربری اراضی سال ۲۰۰۲ را به عنوان پایه قرار دادند.

---

۱ - Stone

۲ - Emerson

۳ - Maria Yanina Esper Angillieri

۴ - Chen

علی محمد (۲۰۱۱)، برای بررسی میزان تاثیر تغییر کاربری اراضی بر رواناب سطحی در حوضه لینولاه در پاکستان از مدل بارش رواناب HEC-HMS استفاده کرد. بعد از واسنجی و اعتبارسنجی مدل برای ۵ واقعه بارندگی در محدوده مطالعه شده، مدل را برای سناریوهای مختلف استفاده از زمین در آینده واسنجی کردند. در نهایت نتایج نشان دهنده این امر بود که در آینده با تغییر کاربری اراضی، رواناب کل بین ۵۱/۶ تا ۱۰۰ درصد افزایش می‌یابد.

تینگ سان چالی و تانمانی<sup>۱</sup> (۲۰۱۲)، برای ردیابی تبدیل حداکثر بارش محتمل (PMP) به حداکثر سیل محتمل (PMF) و ردیابی آن در مخزن سد وقتی که جریان سیل از تاج سرریز عبور می‌کند، از نرم افزار HEC-HMS استفاده کردند. نتایج نشان دادند که بیشترین حجم سیل در دشت سیلابی و در منطقه شهرنشین رخ می‌دهند از این رو باید اقداماتی در خصوص کنترل سیلاب در منطقه انجام شود.

هونگ مینگ<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۲)، به وسیله شبیه‌سازی مدل گرادیان هیدرودینامیکی و شاخص خطرپذیری هیدرولوژیکی و با ترکیبی از مدل‌های HEC-HMS/ RAS، فرایندهای اقلیمی، کوه‌شناسی و هیدرولوژیک را در کوه‌های کوئینلینگ ارزیابی کردند و به این نتیجه رسیدند که تغییر اقلیم عامل اصلی وقوع سیل‌های عظیم است و کوه‌های مذکور باعث افزایش رخدادهای طوفان رگباری و سیل در منطقه می‌شود.

## ۱-۶- چارچوب نظری تحقیق

### ۱-۶-۱- تعریف سیل

به طور کلی، سیل به هر گونه تراز جریانی گفته می‌شود که بیش از ظرفیت حمل طبیعی مجرای رودخانه بوده، از کناره‌های آن سرریز شده و اراضی کم ارتفاع مجاور را غرقاب کند (OAS, 1999). سازمان زمین شناسی

---

<sup>۱</sup> - Tingsanchali & Tanmanee

<sup>۲</sup> - Hongming

ایالات متحده سیل را به عنوان «آب با تراز نسبتا بالا که از کناره‌های طبیعی یا مصنوعی یک رودخانه یا ناحیه ساحلی سرریز می‌کند و اراضی که در حالت عادی زیر آب نیستند را غرقاب می‌سازد» تعریف می‌کند (USGS, 2007). سیل می‌تواند به عنوان یک وضعیت هیدرولوژیکی تعریف شود که در آن دبی رودخانه بیش از ظرفیت ذخیره سازی کانال می‌گردد و آب مازاد سرریز می‌شود و بخشی از کف دره را غرقاب می‌کند. ارتفاع جریان سرریز و گستره غرقاب‌شدگی به اندازه سیل بستگی دارد، که به نوبه خود با فراوانی آن مرتبط است. در هر محل مشخص، سیلاب‌های بزرگتر به ندرت رخ می‌دهند و سیل‌های کوچکتر شایع هستند. سیل یک پدیده معمول و قابل انتظار برای یک رودخانه است، اما از آنجا که کناره‌های رودخانه‌ها معمولا پرجمعیت هستند، سیلاب‌های بزرگتر دارای یک مولفه خطرزا هستند (Alcántara-Ayala and Goudie, 2010: 97). رودخانه‌ها عموما در روند تکوین و تکامل طبیعی خود دستخوش تغییر و تحولات مستمر می‌باشند. از دیدگاه ریخت‌شناسی، تغییر در مشخصه‌های هندسی و راستای مسیر، بخشی از مراحل تکامل رودخانه‌ها به منظور نیل به تعادل نهایی و برقراری شرایط پایدار تلقی می‌شود. وقوع سیلاب از جمله فرایندهای طبیعی مهمی است که در شکل‌دهی رودخانه‌ها و برقراری توازن و تعادل در الگوهای رفتاری آن نقش عمده‌ای را ایفا می‌کند (رضوی، ۱۳۸۷: ۹۰). بنابراین، سیلاب‌ها جزء لاینفک دینامیک هر مجرای رودخانه‌ای می‌باشند (Wohl, 2000: 3).

## ۱-۶-۲- انواع سیلاب

سیلاب‌ها در اکثر حوضه‌های رودخانه‌ای ناشی از بارندگی بیش از حدی هستند که از طریق مکانیزم‌های مختلف جوی ایجاد می‌شوند. در مناطق سرد، سیلاب‌های بزرگ می‌توانند از ذوب برف و یخ، به خصوص در ترکیب با بارش باران، ایجاد شوند در حالی که در امتداد رودخانه‌هایی که به ساحل زه‌کشی می‌شوند، سیلاب گسترده ممکن است با رویدادهای امواج بلند ناشی از طوفان مرتبط باشد. سیلاب‌ها همچنین از شکست فاجعه-آمیز دریاچه‌های مصنوعی (مخازن) و طبیعی (سدهای ایجاد شده توسط یخ، یخرفت‌های یخچالی، جریانات گدازه آتشفشانی و زمین لغزش‌ها) ایجاد می‌شوند (Alcántara-Ayala and Goudie, 2010: 111). در حالت کلی، سیلاب‌ها را بر اساس منشأ می‌توان به شرح زیر طبقه‌بندی نمود (فوکس و همکاران، ۱۳۹۶: ۳۸۰-۳۸۲).

## ۱-۶-۲-۱- سیل‌های رودخانه‌ای

به طور کلی این نوع سیل نتیجه یک دوره نسبتاً طولانی (روزها یا هفته‌ها) یا درازمدت بارش شدید باران در پهنه‌های وسیع ایجاد می‌شود. گاهی اوقات نیز بارش باران با ذوب برف موجود در سطح زمین ترکیب شده و موجب سیل می‌شود. برخی اوقات در نتیجه بارش طولانی مدت و نفوذ آن، زمین حوضه به تدریج اشباع می‌شود، در این حالت گنجایش خاک برای ذخیره آب کم شده و تداوم بارش موجب سیل می‌شود (در یک شرایط مشابه سیل زمانی رخ می‌دهد که زمین یخ می‌زند و آب بارش نمی‌تواند در خاک نفوذ کند). در دشت‌های سیلابی و دره‌های وسیع و باز، مناطق گسترده‌تری تحت تاثیر سیل قرار می‌گیرند. اما در دره‌های تنگ فقط نوار باریکی در معرض سیل‌های غالباً هولناک قرار می‌گیرند، در چنین دره‌هایی عمق آب افزایش یافته و سرعت جریان بسیار بالاتر است.

## ۱-۶-۲-۲- سیل‌های لحظه‌ای

این نوع سیل در مناطق خشک یا نیمه‌خشک و در رودخانه‌های محلی و دوره‌ای که اغلب حوضه‌ای کوچک و پرشیب دارند روی می‌دهد. آنها در نتیجه بارش شدید باران در یک منطقه محدود ایجاد شده و به طور معمول هنگامی که شدت بارندگی بیش از سرعت نفوذ آب باشد به وجود می‌آیند. سیل‌های لحظه‌ای یک شروع بسیار سریع داشته و اغلب با عبور یک موج طوفانی از محدوده آبراهه رودخانه پایان می‌یابند. پیش‌بینی سیل‌های لحظه‌ای بسیار مشکل است زیرا قلمرو فضایی آن محدود بوده و زمان وقوع آن نیز بسیار کوتاه است. لیکن آنها پتانسیل بسیار زیادی برای تخریب دارند.

## ۱-۶-۲-۳- سیل ناشی از شکست سدها

شکست سدها نیز منجر به وقوع سیل‌های لحظه‌ای و ناگهانی می‌شود. به عنوان مثال، بیش از ۲۲۰۰ نفر در نتیجه وقوع سیل جانستون در سال ۱۸۸۹ در پنسیلوانیا جان باختند. در این واقعه، سد قدیمی فورک جنوبی



در نتیجه بارش سنگین باران شکسته شد و حدود ۲۰ میلیون تن آب با سرعت ۴۰ مایل در ساعت از شهر عبور کرد. در سال ۱۹۶۳ در نتیجه حرکت یک زمین لغزش بزرگ و وارد شدن آن به یک مخزن نیمه پر یک سد موج سیل آسای عظیمی را ایجاد کرد (سونامی دریاچه‌ای). این موج از روی دیواره سد وایونت در شمال ایتالیا عبور کرد. هر چند در این رویداد سد مذکور جان سالم به در برد، اما سیل لحظه‌ای ایجاد شده به پشت سد منتقل شده و در پایین دست موجب مرگ بیش از ۳۰۰۰ نفر شد.

### ۱- ۶- ۲- ۴- سیل ناشی از شکست دریاچه یخچالی

دریاچه‌های مناطق مجاور یخچالی که در پشت سدهای یخی یا سدهای یخرفتی تشکیل شده‌اند، می‌توانند خطر بزرگی برای سکونتگاه‌های پایین دست خود محسوب شوند. شکست سد یخرفتی یا سد یخی می‌تواند به سیل انفجاری کاتاستروفیک منجر شود. این سیل‌ها اغلب دارای دبی بیش از چند هزار مترمکعب در ثانیه بوده و معمولاً حجم زیادی از رسوب‌های یخرفتی را به همراه خود منتقل می‌کنند. وقوع سیل کاتاستروفیک سال ۱۷۲۵ موجب شد که ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ نفر از اهالی روستای آنکاش در کوردیلرا بلانکای کشور پرو کشته شوند.

### ۱- ۶- ۳- عوامل موثر بر سیلاب در مقیاس حوضه زهکشی

از آنجایی که حوضه زهکشی یک عامل کنترل‌کننده اساسی بر روی هیدرولوژی جریان است، ویژگی‌های سیلاب تحت تأثیر عوامل مختلفی در مقیاس حوضه آبریز قرار می‌گیرند. فاکتورهای هیدرولوژیکی کنترل‌کننده تولید رواناب و سیلاب عبارتند از: (۱) مورفومتری شبکه زهکشی، (۲) نفوذپذیری خاک دامنه، (۳) زمین‌شناسی مرتبط با ساختمان، تکتونیک و فرسایش‌پذیری سطح زمین، (۴) پوشش گیاهی و کاربری اراضی، و (۵) شرایط هواشناسی- اقلیمی. مورفولوژی حوضه زهکشی، اندازه حوضه و ناهمواری (پستی و بلندی) کنترل‌های مهمی در هیدرولوژی سیلاب از قبیل زمان تمرکز، شکل هیدروگراف و پیک سیل هستند ( Alcántara-Ayala and Goudie, 2010: 113). در ادامه، برخی از عوامل موثر در بروز و یا تشدید سیلاب تشریح می‌شوند.

## ۱-۶-۳-۱- بارش

علت اصلی سیلاب‌ها بارش باران سنگین و طولانی مدت است که باعث رواناب بالا در رودخانه‌ها یا رواناب سطحی در مناطق با پستی و بلندی اندک می‌شود. از طرف دیگر، بارندگی شدید در طی دوره‌های کوتاه مدت ناشی از طوفان‌ها و هوریکان‌ها می‌تواند رواناب سریع و ناگهانی و سیلاب‌های لحظه‌ای<sup>۱</sup> شدید در سراسر دره‌های رودخانه ایجاد کند که در مقایسه با سایر انواع سیلاب‌ها منجر به خسارات غیرقابل جبران به زندگی و اموال انسان می‌شود (Few et al., 2004). بنابراین، ریزش باران‌های شدید، اساسی‌ترین عامل وقوع سیل است (زاهدی و بیاتی خطیبی، ۱۳۸۷: ۱۳۹). منشا بسیاری از سیلاب‌های عظیم باران‌هایی است که به صورت رگبارهایی با شدت زیاد، تداوم نسبتاً طولانی، تکرارهای مداوم و یا در سطح وسیع حوضه رخ می‌دهند. وقوع این رگبارها وابسته به شرایط اقلیمی حاکم بر منطقه و معمولاً تابع عوامل هواشناسی است (رضوی، ۱۳۸۷: ۷۹). از جمله موثرترین مشخصات آب و هوایی میزان بارش و خصوصیات آن در منطقه است:

- نوع بارش: بسته به درجه حرارت محیط، بارش ممکن است به صورت باران، برف، تگرگ و یا حالت بینابین باشد. احتمال وقوع سیلاب در حالت بارش به فرم برف کمتر و تگرگ بیشتر خواهد بود. گاهی بارش باران باعث ذوب برف‌های موجود در مناطق مرتفع حوضه شده و به علت بالا بودن ظرفیت گرمایی باران، برف‌ها به سرعت ذوب شده و سیلاب مهیبی ایجاد می‌شود (حافظی مقدس و غفوری، ۱۳۸۸: ۵۹ و ۶۰).

- رژیم باران: منظور از رژیم باران پراکندگی بارش در طی سال در منطقه معین جغرافیایی می‌باشد. با بررسی رژیم بارندگی در یک منطقه، زمان تقریبی سیلاب را می‌توان تعیین نمود. مثلاً ممکن است در منطقه‌ای

---

<sup>۱</sup> - flash floods

۲۰۰۰ میلی‌متر در طی یک سال باران نازل شود، ولی طی چهار ماه معین کمتر از ۵٪ این بارش اتفاق افتد، بدین ترتیب می‌توان گفت که در طی این چهار ماه سیلابی در منطقه رخ نخواهد داد. کشور ایران از نظر آب و هوایی

## **Spatial Analysis of Flood Hazard in Nirchay River Basin Using HEC-HMS Model With Emphasis on Effective Geomorphologic Variables Role in Flooding**

**Fariba Sfandyary Darabad**

**Mansour Kheirizadeh Arough**

**Masoud Rahimi**

### **Abstract**

Floods are one of the most abundant and destructive natural disasters that every year are caused heavy losses of life and property. Due to human activity in river systems and construction in rivers, flood damage has an upward trend. One of the most important actions to reduce flood damage is the provision of flood hazard zoning maps and their use in spatial planning. In this study, the risk of flood in the Nirchay River Basin that located Ardebil province was investigated. For this purpose, the HEC-HMS model was used to simulate rainfall-runoff and to identify flood zones and fuzzy logic in order to overlay the layers and prepare a flood hazard zoning map. The simulation results show the high performance of the HEC-HMS model in simulating rainfall-runoff of the Nirchay River Basin and estimating peak flood discharges. Rainfall conversion to runoff at the Nirchay River Basin controlled by slope and land-use. The most runoff height and peak flow in Nirchay River Basin are located in the upstream sub-basins. This is due to the steep, low permeability soil, frequency impervious surfaces and high CN. The combination of layers using fuzzy logic has shown that about 8.6% of the surface of the basin are located with a high risk of flooding. These zones are located mainly on the floodplain of the Nirchay Basin. Due to the Low valley width and low slope, these lands are always at flood risk. Most settlements in the study area are located at downstream of the basin. This has increased the risk of flooding.

**Keywords:** Floods, HEC-HMS model, Geographic information system (GIS), Fuzzy overlays, Nirchay Basin.



**University of Mohaghegh Ardabili**

**Final Report of Research Project**

**Title**

**patial Analysis of Flood Hazard in Nirchay River Basin Using HEC-HMS  
With Emphasis on Effective Geomorphologic Variables Role in Flooding Model**

**By**

**Fariba Sfandyary Darabad**

**Mansour Kheirizadeh Arough**

**Masoud Rahimi**

**Department of Physical Geography**

**Faculty of Literature and Humanities**

**This Research Project Has Been Financially Supported by Office of Vice  
Chancellor for Research**

**Date: 2019**