



دوره‌ی ۳۴، شماره‌ی ۴، شماره‌ی پیاپی ۱۳۳، زمستان ۱۴۰۰، صفحه‌های ۱۱۷-۱۰۴  
شناسه‌ی دیجیتال: 10.22092/WMRJ.2021.354344.1405

مقاله‌ی پژوهشی



# پژوهش‌های آبخیزداری

## ارزیابی امکان روی داد سیل در آبخیز رود تلوار با مدل‌های وزن شاهد و وایازی پشتیبان بیزین

افروز گویلی

دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشکده‌ی مهندسی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

جمیل بهرامی

(نویسنده‌ی مسئول) \* استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده‌ی مهندسی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

کامران چپی

دانشیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

امید رحمتی

استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران

\*رایانامه‌ی نویسنده‌ی مسئول: gbahrami@uok.ac.ir

تاریخ دریافت: ۲۰ فروردین ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: ۳۰ خرداد ۱۴۰۰

### چکیده

سیل یکی از خطرناک‌ترین و شایع‌ترین پیش‌آمدهای طبیعی در جهان است که هر ساله باعث رسیدن زیان‌ها و آسیب‌های بسیاری بر جامعه و محیط زیست می‌شود. ارزیابی و مدیریت جامع سیلاب برای کم کردن تاثیر سیل بر زندگی و گذران مردم ضروری است. افزایش سیل در سال‌های اخیر نشان می‌دهد که مکان‌یابی و شناسایی منطقه‌های سیل‌خیز برای پیش‌بینی این فاجعه‌ی زیست محیطی اهمیت زیادی دارد زیرا نشناختن منطقه‌های حساس به سیل در آبخیز ممکن است اثر ویرانگری در پی داشته باشد. هدف اصلی این پژوهش ارزیابی عمل کرد مدل وزن شاهد و مدل وایازی پشتیبان بیزین برای تهیه‌ی نقشه‌ی حساسیت سیل در آبخیز رود تلوار استان کردستان است. ۹۳ جای سیل‌گیر مشخص شده در منطقه به‌شیوه‌ی تصادفی به گروه واسنجی (۷۰٪) و گروه اعتبارسنجی (۳۰٪) تقسیم شد. هر دو مدل بر ۱۰ عامل مؤثر در ایجاد سیل تمرکز دارند، که عبارت است از شیب، جهت شیب، انحنای مدل، رقوم، ارتفاع، فاصله از آبراه، شاخص رطوبت پستی‌بلندی، شاخص توان آبراه، بارندگی، زمین‌شناسی و کاربری زمین. بر پایه‌ی مدل وزن شاهد ۳۵/۸٪ از سطح منطقه در طبقه‌ی خطر متوسط تا خیلی زیاد، و بر پایه‌ی مدل وایازی پشتیبان بیزین ۴۵/۰۸٪ از سطح منطقه در طبقه‌ی خطر متوسط تا خیلی زیاد بود. برای اعتبارسنجی نقشه‌های توان سیل‌خیزی، از منحنی تشخیص عمل کرد نسبی بهره‌گرفته شد. اگرچه هر دو مدل دقت کافی دارد، در مدل وایازی پشتیبان بیزین درستی بیش‌تری (۹۳/۴٪) دیده شد. در زمینه‌ی توان‌یابی خطر سیل کارکرد مدل وایازی پشتیبان بیزین بهتر از مدل وزن شاهد بود.

واژگان کلیدی: آبخیز رود تلوار، سیل، مدل وایازی پشتیبان بیزین، مدل وزن شاهد

## مقدمه

دست دولت و مسئولان برای مهار کردن و مدیریت کردن کاربری زمین، و برنامه‌های توسعه‌ی هم‌زمان با کاستن از خطر سیل، و حفاظت محیط زیست است (بویی و همکاران ۲۰۱۸). در سال‌های اخیر مدل‌های آمار و احتمال زیادی برای نقشه‌ی حساسیت روی داد سیل به کار برده شده، و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی به دلیل توانایی آن در مدیریت داده‌های مکانی زیاد، ابزار تحلیل پایه برای مدیریت کردن مکانی، و دست‌کاری داده‌ها شده است. ترکیب مدل‌های آمار و احتمال با سنجش‌ازدور و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی برای محققان بسیار مهم است. روش‌های مختلفی از جمله تصمیم‌گیری چندمعیاری (عابدینی و همکاران ۲۰۱۵)، HEC-RAS (عسگری و همکاران ۲۰۱۴)، وایازی پشتیبان (LR)<sup>۱</sup>، روش نسبت فراوانی (تهرانی و همکاران ۲۰۱۹)، شاخص آماری و عامل وزنی (خسروی و همکاران ۲۰۱۶ a) برای ارزیابی توان سیل‌خیزی کاربرد دارد. نتیجه‌ی پژوهش جانی‌زاده و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که در برآورد کردن اندازه‌ی حساسیت به طغیان سیل در حوزه‌ی تفرش روش درخت تصمیم‌گیری کارکرد بهتری دارد. نتیجه‌ی آزادطلب و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که عمل کرد مدل ترکیبی شاخص آماری شاهد قطعی (SI-EBF) از دو مدل منفرد SI و EBF برای پیش‌بینی سیلاب شهر سهندج بهتر است. چاودهاری و همکاران (۲۰۲۰) اندازه‌ی دقت مدل‌های تابع شاهد قطعی EBF و وایازی پشتیبان دو جمله‌ی LR را در تهیه‌ی نقشه‌ی حساسیت سیل و پیش‌بینی فضایی منطقه‌ی سیل‌خیز در آبخیز رود کویا در غرب بنگال هند بررسی کردند. نتیجه‌ی چپی و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که هر دو مدل با دقت زیادی حرکت توده‌های هوا را در استان کردستان پیش‌بینی می‌کنند. آوند و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که کارکرد مدل جنگل تصادفی بهتر از مدل خطی تصمیم‌یافته‌ی بیزین در پیش‌بینی سیلاب در حوزه‌ی آبخیز تجن در استان مازندران است. یاران و همکاران (۲۰۲۰) اندازه‌ی دقت مدل‌های تصمیم‌گیری تجزیه‌وتحلیل شبکه (ANP)، مدل آماری نسبت بس‌آمد (FR)، مدل تابع شاهد قطعی (EBF) و میانگین وزن مرتب (OWA) را در نقشه‌ی حساسیت خطر سیل در شهر سقز بررسی کردند. با توجه به تحقیقات محدود در زمینه‌ی پیش‌بینی منطقه‌ی مستعد سیل در حوزه‌ی آبخیز تلوار استان کردستان، پژوهش در این زمینه و بررسی روش‌های نوین آماری و داده‌کاوی ممکن است افق روشنی پیش روی پژوهشگران کشورمان در پهنه‌بندی و پیش‌بینی مکانی سیلاب بگذارد. هدف

هر ساله خطرهای طبیعی مانند لغزش زمین، زلزله و سیل باعث رسیدن آسیب زیادی به زندگی افراد و جامعه‌ها می‌شود. خطرهای طبیعی روی داده‌های بد ناشی از پدیده‌های طبیعی مانند سیل، خشک‌سالی، رانش زمین، طوفان و آتشفشان است (موسوی و همکاران ۲۰۱۸). از میان آن‌ها سیل، زلزله، و خشک‌سالی از دیدگاه تعداد و اندازه‌ی زیان اهمیت بیش‌تری دارد. بیش از ۴۰٪ از آسیب‌های طبیعی جهان از سیلاب است (فنگ و لئو ۲۰۱۰). از گذشته‌های دور انسان با سیل آشنا بوده، اما اثر مخرب سیلاب در آن دوران به مراتب از زمان حال کم‌تر بوده است. نبود جمعیت زیاد در آن زمان و محدود بودن زمین‌های کشاورزی را می‌توان از علت‌های آن دانست. کم‌تر نقطه‌ی در جهان هست که از آسیب‌ها و زیان‌های خطرهای طبیعی در امان باشد. هر نقطه‌ی در جهان در خطر یک یا چند پدیده‌ی مخرب طبیعی است. اگرچه دلیل اصلی روی داد سیلاب عامل طبیعی است، اما انسان نیز با دخالت در طبیعت و برهم زدن تعادل سامانه‌ی‌های طبیعی روی داد این پدیده را تشدید کرده است. در این میان روستاییان در گروه افرادی اند که بیش‌ترین زیان‌ها بر آن‌ها تحمیل می‌شود. پهنه‌بندی سیلاب در منطقه‌ی سیل‌خیز ایزاری پایه‌ی برای برنامه‌ریزان و مدیران برای دادن الگوهای مناسب فعالیت و زیست با کم‌ترین اندازه‌ی خطر است. از جمله زیان‌های سیل از دست رفتن خاک حاصل‌خیز زمین‌های زراعی، تخریب منطقه‌های مسکونی و پل‌ها و جاده‌ها، آلودگی آب، از بین رفتن جانوران اهلی (سوء تغذیه)، تغییر ریخت رودها، و حتا آسیب‌های انسانی است (اسماعیلی و همکاران ۲۰۱۵).

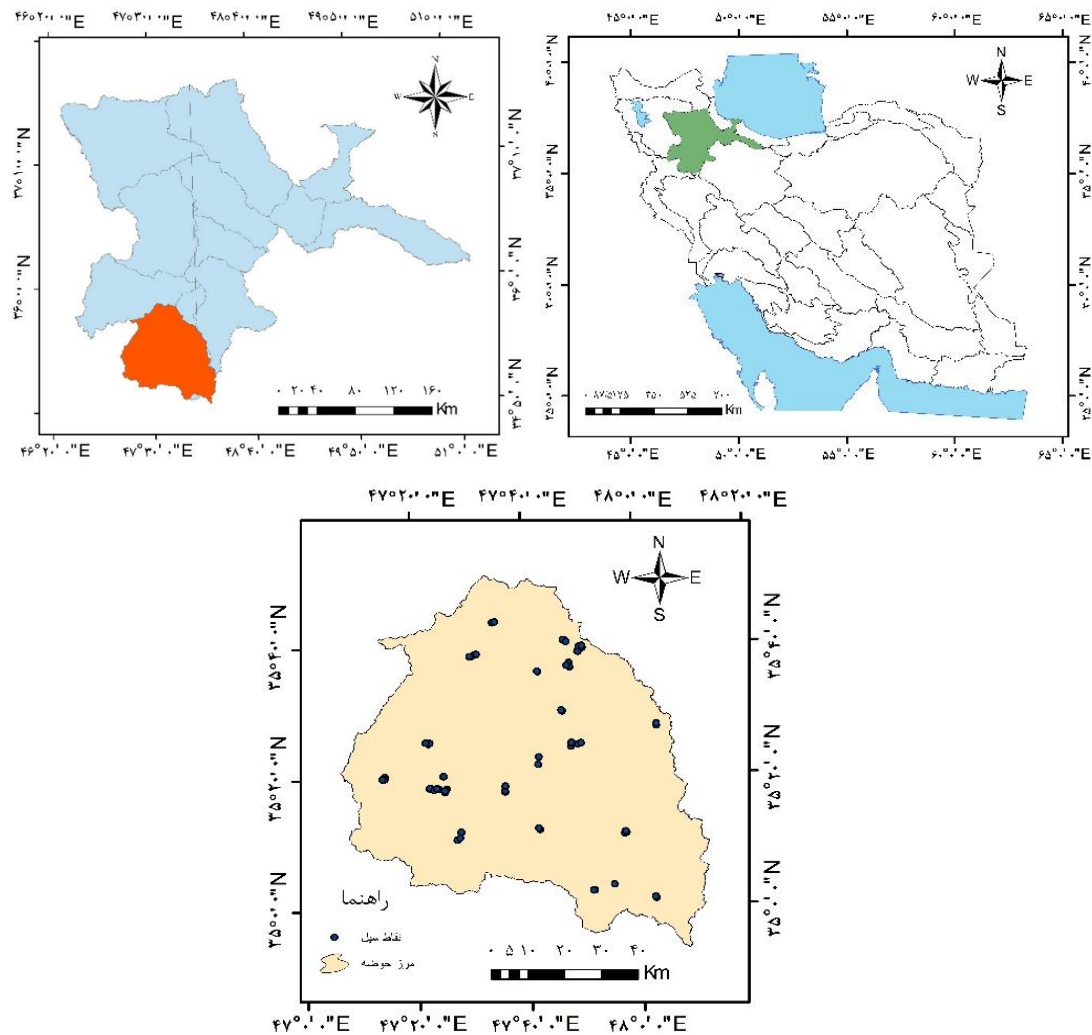
آپولوت (۲۰۱۳) نشان داد که بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ تقریباً ۹۹ میلیون نفر در سال از سیلاب آسیب دیدند. در منطقه‌ی خشک سیلاب نتیجه‌ی روان‌آب ناشی از بارندگی‌های شدید است. ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی خود بخشی از منطقه‌های خشک و نیمه‌خشک است که اغلب جاهای آن سیلاب‌خیز است (محمدی و همکاران ۲۰۲۰). به دلیل وسعت زیاد، اقلیم‌های متعدد، و تراکم زمانی و مکانی متفاوت بارش در بیش‌تر آبخیزها، همه ساله سیلاب‌های عظیمی در بیش‌تر ایران روی می‌دهد (لاجوردی و همکاران ۲۰۱۳). پهنه‌بندی سیل یکی از روش‌های مدیریتی مواجهه با سیل است که اطلاعات ارزشمندی از طبیعت سیلاب‌ها و اثر آن بر زمین‌های دشت سیلابی و تعیین حریم رودها می‌دهد. پهنه‌بندی خطر سیل ابزاری پایه‌ی برای کاستن از خطر سیل و وسیله‌ی قانونی در

این پژوهش تعیین ناحیه های سیل خیز رود تلوار با مدل وزن شاهد و وایزی پشتیبان بیزین است.

#### مواد و روش‌ها

آبخیز رود تلوار یکی از زیرآبخیزهای آبخیز قزل اوزن است که در انتهای جنوبی آن و در شمال شرق استان کردستان، در محدوده‌ی شهرستان قروه و دهگلان است (مساحت ۶۴۶۹ کیلومتر مربع،  $۴۷^{\circ}$  تا  $۴۸^{\circ} ۲۰'$  طول شرقی؛  $۳۵^{\circ} ۰'$  تا  $۳۵^{\circ} ۴۰'$  طول شمالی). بلندترین نقطه‌ی آبخیز ۳۱۸۴ متر از تراز دریا و پست‌ترین آن ۱۶۱۲ متر از تراز دریا است. رود تلوار از تعداد زیادی رود بزرگ و کوچک در نواحی قروه و دهگلان تشکیل شده است که مهم‌ترین آن‌ها قوری‌چای، چم میرکی، چم تلوار، چم سنگ سیاه و نشور است، که بعد از به هم پیوستن وارد شهرستان بیجار می‌شود، و سرانجام به قزل اوزن می‌پیوندد (شکل ۱). خروجی پایین‌دست این آبخیز سد تلوار است. نوع زمین این منطقه تپه، کوه، و

دشت دامنه‌ی است. متوسط بارندگی سالانه ۳۵۲ میلی‌متر است (سازمان آب منطقه‌ی استان کردستان). اقلیم منطقه بر پایه‌ی روش طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن سرد و نیمه‌خشک است. از آن‌جا که آبخیز رود تلوار از آبخیزهای آسیب‌پذیر است، و سیلاب‌های مخرب زیاد در چندسال اخیر در آن روی داده است، لزوم توجه و اهمیت دادن هرچه بیش‌تر به این محدوده آشکار می‌شود. رود تلوار به‌دلیل این که سرشاخه‌های مهم و پرآبی از بالادست (از جمله قروه و دهگلان) دریافت می‌کند، از رودهای مهم استان کردستان است که همواره سیل خیز است و همه ساله زیان‌هایی به زمین‌های کشاورزی پیرامون خود وارد می‌کند. این رود با تغییر دادن گذر خود در بستر و ایجاد کردن فرسایش کناری، زمین‌های اطراف بستر را به‌سوی نابودی برده است. طبقه‌بندی و تعیین حریم بستر رود، و پیش‌بینی و مکان‌یابی جاهای حساس به سیل در این منطقه ضروری است.



شکل ۱- موقعیت پژوهش و جاهای سیل گیر.

نفوذ یکی از عامل‌های مهم در روی داد سیل است. نقشه‌ی شیب با مدل رقومی ارتفاع تهیه و در چهار طبقه طبقه‌بندی شد. جهت شیب با تأثیر بر عامل‌های تبخیر و ذوب رطوبت خاک و باد با تشدید یا کاهش این عامل می‌تواند در اندازه‌ی نفوذپذیری مؤثر باشد. نقشه‌ی آن در نه طبقه با مدل رقومی ارتفاع طبقه‌بندی شد. نقشه‌ی سنگ شناسی از نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه شد (سازمان زمین‌شناسی کشور). کاربری زمین از دیگر عامل‌های مهم و مؤثر در تشکیل روان آب سطحی و روی داد سیل آبخیز است. لایه‌ی کاربری زمین در نه طبقه بر پایه‌ی کاربری‌های مختلف طبقه‌بندی شد. نقشه‌ی انحنا زمین

۹۳ نقطه‌ی سیل گیر برپایه‌ی داده‌های سازمان جهادکشاورزی استان کردستان تهیه شد. این مجموعه به دو گروه داده‌های واسنجی (۷۰٪) و اعتبارسنجی (۳۰٪) تقسیم شد. عامل‌های مؤثر در روی داد سیل به کاربرده شده مدل رقومی ارتفاع، شیب، جهت شیب، انحنا، شیب، فاصله از آبراه، کاربری زمین، سنگ شناسی، بارندگی، شاخص توان آبراه (SPI)<sup>۲</sup> و شاخص رطوبت پستی‌بلندی (TWI)<sup>۳</sup> برای پهنه‌بندی سیل‌خیزی در نظر گرفته شد. لایه‌ها برپایه‌ی شرایط منطقه و نظر کارشناسی طبقه‌بندی شد. نقشه‌ی رستری این سنجها با قدرت تفکیک ۳۰ متری تهیه شد. نقشه‌ی شیب زمین به دلیل تأثیر مستقیم بر

2 - Stream power index  
3 - Topographic wetness index

شده است، از جمله روش تابع شاهد قطعی، شبکه‌ی عصبی، منطق فازی، شاخص آماری، و نسبت فراوانی. از مهم‌ترین کارها در تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی سیل تعیین عامل مؤثر در روی داد آن است، که انتخاب درست آن‌ها ارتباط مستقیمی با دقت نقشه‌های به‌دست آمده دارد. پس از جمع‌آوری اطلاعات و لایه‌ها با دو مدل تابع وزن شاهد و وایازی پشتیبان بیزین نقشه‌ی پیش‌بینی مکانی خطر سیل آبخیز رود تلوار تهیه شد. صحت و دقت پیش‌بینی نقشه‌های به‌دست آمده با منحنی ویژگی عمل‌کرد گیرنده‌ی (ROC) ارزیابی شد.

مدل وزن شاهد روشی داده‌محور برای ترکیب کردن داده‌ها بر پایه‌ی نظریه‌ی بیزین در احتمالات است. نظریه‌ی بیزین بر پیدا کردن روی داد به شرط بودن یا نبودن متغیرهای مؤثر یا مستقل شاهد تمرکز دارد، و روش وزن شاهد برای بودن یا نبودن هر متغیر پیش‌بینی کننده، روی داد سیل را بر پایه‌ی روی داد یا نبود روی داد سیل محاسبه می‌کند (رابطه‌ی ۱ تا ۳).

با مدل رقومی ارتفاع در سه طبقه‌ی کاو (مقعر)، تخت و گوژ (محدب) طبقه‌بندی شد. برای تهیه‌ی لایه‌ی فاصله از آبراه با تابع فاصله‌ی اقلیدسی از نقشه‌ی DEM منطقه (جداکنندگی ۳۰ متری) استخراج و در پنج طبقه طبقه‌بندی شد. نقشه‌ی بارندگی بر پایه‌ی میانگین بارندگی سالانه (۱۳۷۸-۱۳۹۷) ایستگاه‌های باران‌سنجی داخل و خارج از محدوده‌ی پژوهش با روش درون‌یابی کریجینگ<sup>۴</sup> در شش طبقه طبقه‌بندی شد. شاخص رطوبت پستی‌بلندی برای توصیف شرایط رطوبتی در آبخیز در نرم‌افزار آرک‌جی‌آی اس در پنج طبقه طبقه‌بندی شد. بازدهی‌های میدانی، اندازه‌ی انرژی، و توان جریان تأثیر بسیاری در روی داد سیل و زیان‌های آن دارد. شاخص توان آبراه SPI نشان‌دهنده‌ی قدرت فرساینده‌ی خاک است، که با سطح ویژه‌ی آبخیز و درجه‌ی شیب محاسبه شد. این شاخص در ناحیه‌های گوژ فرسایش ویژه و در ناحیه‌های کاو رسوب ویژه را پیش‌بینی می‌کند. نقشه‌های تهیه شده در پنج طبقه تقسیم شد. برای پژوهش پهنه‌بندی سیلاب روش‌های مختلفی به‌کار گرفته

$$w^+ = \ln \left( \frac{P(F/S)}{P(F/S^*)} \right) \quad ۱$$

$$w^- = \ln \left( \frac{P(F^*/S)}{P(F^*/S^*)} \right) \quad ۲$$

$$C = w^+ - w^- \quad ۳$$

صفر بود. با وارد کردن وزن‌ها به GIS نقشه‌ی هر لایه به‌دست آمد. از مجموع این نقشه‌ها، نقشه‌ی پیش‌بینی سیل خیزی محاسبه شد.

در پژوهش‌های مکان‌یابی سیل مدل وایازی پشتیبان در روی داد پدیده‌ی سیلاب به‌شکل متغیر وابسته‌ی دو حالتی در ارتباط با عامل‌های مؤثر بررسی شده است. در این روش نخست مدل وایازی پشتیبان بر پایه‌ی رابطه‌های میان متغیرهای وابسته و مستقل ساخته شد. سپس تابع بیزین بر پایه‌ی رفتار و پاسخ عامل‌های مؤثر بر روی داد سیل با تابع احتمال پیشین به‌کار برده شد (داس و همکاران ۲۰۱۲). ساخت تابع بیزین در سه مرحله بود: تعیین احتمال پیشین برای سنجها، تعیین تابع درست‌نمایی برای داده‌ها، و ایجاد تابع توزیع

P احتمال F بودن متغیر، F\* نبودن متغیر، S روی داد سیل، S\* نبود روی داد سیل است. W<sup>+</sup> و W<sup>-</sup> به ترتیب بیان‌گر وزن شاهد وقتی متغیری (مانند شیب) باشد یا نباشد. مقدار C بازتاب فضایی کلی در متغیر و روی داد منبع (سیل) است. مقدار صفر بیان‌گر کم‌اهمیت بودن متغیر در تحلیل است، و C معادل مثبت و منفی نیز به ترتیب هم‌سنجی (کنتراست) مثبت و منفی را نشان می‌دهد (سونگ و همکاران ۲۰۱۲). برای به‌دست آوردن وزن نهایی هر عامل، وزن‌های مثبت و منفی هر طبقه برای هر عامل با هم جمع شد. اگر وزن عاملی مثبت بود، در روی داد سیل نقش دارد، و اگر منفی بود بیان‌گر اثرنداشتن آن عامل در بروز سیل است. برخی عامل‌ها نیز تأثیر ناچیزی در روی داد سیل داشت و وزن آن‌ها صفر یا نزدیک به

برای اعتبارسنجی مدل‌ها از سطح زیر نمودار به‌دست آمده از منحنی ویژگی عمل‌کرد گیرنده (ROC) بهره گرفته شد. سطح زیر منحنی ROC کیفیت سامانه‌ی پیش‌بینی را با توصیف توانایی سامانه برای پیش‌بینی کردن روی‌داد یا نبود روی‌داد صحیح قبل از اتفاق مشخص می‌کند (چن و همکاران ۲۰۲۰). دامنه‌ی مقدار سطح زیر منحنی ROC از ۰/۵ (پیش‌بینی تصادفی) تا ۱ (پیش‌بینی کاملاً صحیح) است (رحمتی و همکاران ۲۰۱۶). همبستگی کیفی-کمی سطح زیر منحنی و ارزیابی تخمین به شکل (۰/۹-۱) عالی؛ ۰/۸-۰/۹ خیلی خوب؛ ۰/۸-۰/۷ خوب؛ ۰/۶-۰/۷ متوسط؛ ۰/۵-۰/۶ ضعیف است (پرادهان ۲۰۱۰).

نتیجه‌ی ارتباط بین هر یک از عامل‌های مؤثر و جاهای روی‌داد سیل با مدل وزن شاهد و وابازی پشتیبان بیزین به دست آمد. وزن هر لایه برای مدل وزن شاهد در جدول ۱ نشان داده شده است. در مدل وزن شاهد برای سطح تخت با شیب کم‌تر از ۲٪ کاربری باغ، بلندی کم‌تر از ۱۸۰۰ متر از سطح دریا، فاصله از آبراه ۳۰-۰ متر، سنگ شناسی (Qal)، بارندگی ۳۹۰-۳۵۰ میلی‌متر، TWI (۱۵-۱۰)، SPI (بیش‌تر از ۸۰۰۰۰۰) بیش‌ترین تأثیر در ایجاد سیل خیزی داشت. نقشه‌ی توان سیل خیزی با مدل وزن شاهد در شکل ۲ آورده شده است. وزن‌های به‌دست آمده برای هر طبقه در سامانه‌ی جغرافیایی در لایه‌های مربوط به کار برده شد، و نقشه‌ی سیل خیزی با تابع Raster Calculator به دست آمد (شکل ۲).

پسین برای سنجها (آوالی و همکاران ۲۰۱۴). اگر یک دسته داده‌ی واسنجی  $x$  (training) باشد،  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  عامل‌های مؤثر بر روی‌داد پدیده سیل، و  $y = (y_1, y_2)$  متغیر وابسته (روی‌داد و نبود روی‌داد سیل) باشد، تابع احتمال پسین برای نمونه‌های یک طبقه‌ی مشخص با تابع پشتیبان (رابطه‌ی ۴) به‌دست می‌آید.

$$P(\text{class}|x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{1}{(1 + \exp^{(b + w_0 \times c + \sum_{i=1}^n w_i \times f(x_i))})}$$

$X_i$  عامل مؤثر،  $c$  لگاریتم نسبت نابرابری پیشین  $w_i, w_0, \text{bias}$ ،  $c = \log\left(\frac{P(X_i|\text{class}=0)}{P(X_i|\text{class}=1)}\right)$ ،  $b$  انحراف داده‌ها، در مدل وزن‌های آموزش‌دیده با داده‌های واسنجی است. در مدل ترکیبی وابازی پشتیبان بیزین (رابطه‌ی ۵) تابع تک متغیری پیشین گوسی برای محاسبه‌ی وزن‌های رابطه‌ی ۴ به کار برده شد.

$$p(w|\sigma) = N(0, \sigma_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_i} \exp\left\{-\frac{w^2}{2\sigma_i}\right\} \quad 5$$

“0” و “ $\sigma_i$ ” به ترتیب میانگین و پراش داده‌ها، و  $i^{\text{th}}$  مؤلفه از عامل‌های مؤثر برای محاسبه‌ی  $x_i$  برای متغیرهای دو حالتی برای محاسبه‌ی تابع  $f(x_i)$  از  $\log\left(\frac{P(X_i|\text{class}=0)}{P(X_i|\text{class}=1)}\right)$  بهره گرفته شد (آوالی و همکاران ۲۰۱۴).

جدول ۱- وزن هر طبقه در روش وزن دهی شاهد.

Woe	C	W-	W+	تعداد سیل	تعداد نقطه	طبقه‌ها	سنجه
.	.	.	.	.	۱۶۹۲۷۵	Ebv	
۱/۶۶۸۱۲	۱/۱۹۸	-۰/۰۲۲	۱/۱۷۶	۲	۶۸۱۹۷	Jugr	
.	.	.	.	.	۸۷۹۳۱	Mav	
.	.	.	.	.	۳۰۶۱۰۲	Murm	
-۰/۰۷۱۵	-۰/۰۷۲	-۰/۰۰۱	-۰/۰۷۱	۱	۱۰۲۹۹۱	Plbv	
-۱/۳۸۲۵	-۰/۳۷۲	۰/۱۳۰	-۰/۲۴۲	۲۰	۲۸۱۶۴۸۸	Plms	سنگ شناسی
۹/۱۳۱۶	۲/۳۶۹	-۰/۳۸۷	۱/۹۸۲	۲۳	۳۵۰۴۲۵	Qal	
.	.	.	.	.	۷۲۳۷۰	Qbv	
.	.	.	.	.	۴۳۹۲۸۶	Qft۱	
-۰/۱۵۵۵	-۰/۰۴۲	-۰/۰۱۲	-۰/۰۳۰	۱۹	۲۰۳۸۳۴۶	Qft۲	
.	.	.	.	.	۳۷۱۹۹۳	TRJvm	
۵/۹۵۸۵	۱/۵۶۲	-۰/۳۱۱	۱/۲۵۱	۲۲	۶۹۶۵۰۶	زمین کشاورزی	
۸/۸۵۵۳	۲/۳۸۰	-۰/۳۲۷	۲/۰۵۲	۲۰	۲۸۴۰۰۵	باغ	
.	.	.	.	.	۴۹۷	زمین لخت	
-۶/۶۲۳۰	-۱/۹۵۰	۰/۸۷۲	-۱/۰۷۸	۱۵	۴۸۷۴۶۵۴	زراعت دیم	
-۰/۳۵۰۰	-۰/۱۸۱	-۰/۰۱۰	-۰/۱۷۰	۴	۳۷۲۹۸۲	مرتع خوب	کاربری زمین
.	.	.	.	.	۵۸۳۲۹۳	مرتع متوسط	
-۱/۱۹۳۷	-۱/۲۰۳	۰/۰۳۵	-۱/۱۶۸	۱	۳۵۵۴۵۱	مرتع بد	
۴/۹۰۰۹	۲/۸۹۷	-۰/۰۴۵	۲/۸۵۳	۳	۱۹۱۳۶	مسکونی	
.	.	.	.	.	۵۱۶	آب	
-۱/۴۴۴۳	-۱/۴۵۶	۰/۰۴۹	-۱/۴۰۶	۱	۴۵۱۱۵۸	کاو	
۲/۱۰۵۷	۱/۵۱۲	-۱/۴۰۹	-۱/۰۳	۶۳	۶۲۸۲۰۹۱	تخت	انحنای زمین
-۱/۴۵۰۴	-۱/۴۶۲	۰/۰۵۰	-۱/۴۱۲	۱	۴۵۳۷۹۱	گوژ	
۸/۰۱۱۲	۲/۱۰۰	-۰/۸۶۹	۱/۲۳۱	۴۳	۱۳۸۸۰۴۷	۱۸۰۰<	
-۳/۸۰۸۷	-۱/۰۱۰	۰/۴۴۷	-۰/۵۶۳	۲۱	۴۰۷۶۶۰۲	۲۰۰۰ - ۱۸۰۰	ارتفاع
-۲/۶۹۷۹	-۲/۷۱۹	۰/۱۹۷	-۲/۵۲۲	۱	۱۳۷۶۶۰۰	۲۲۰۰ - ۲۰۰۰	
.	.	.	.	.	۳۴۵۷۹۱	۲۲۰۰>	
-۰/۶۹۸۴	-۰/۷۰۴	-۰/۰۰۸	-۰/۶۹۶	۱	۵۵۱۲۴	تخت	
-۰/۱۹۲۶	-۰/۰۶۹	-۰/۰۰۹	-۰/۰۶۰	۹	۹۳۷۳۰۶	شمال	
-۱/۵۶۳۶	-۰/۸۰۷	۰/۰۷۴	-۰/۷۳۳	۴	۹۲۰۸۹۸	شمال شرق	جهت شیب
-۰/۲۸۷۰	-۰/۰۹۹	-۰/۰۱۵	-۰/۰۸۴	۱۰	۱۰۱۶۴۹۵	شرق	
-۰/۶۴۴۴	-۰/۲۲۲	-۰/۰۳۱	-۰/۱۹۰	۱۰	۹۱۳۹۳۱	جنوب شرق	
۳۷۵۲/۰	۱۴۲/۰	۰۱۶/۰-	۱۳۵/۰	۸	۷۸۰۴۲۴	جنوب	
۴۶۸۵/۰	۱۷۷/۰	۰۲۰/۰-	۱۵۷/۰	۸	۷۵۶۲۳۱	جنوب غرب	
۳۹۳۲/۰	۱۴۱/۰	۰۱۸/۰-	۱۲۳/۰	۹	۸۸۰۱۲۷	غرب	
۸۷۵۶/۰-	۳۷۵/۰-	۰۴۱/۰	۳۳۴/۰-	۶	۹۲۶۵۰۴	شمال غرب	
۵۴۸۴/۷	۰۲۹/۲	۹۱۹/۰-	۱۰۹/۱	۴۵	۱۶۴۱۲۰۳	۲<	
۱۸۶۵/۳-	۹۳۸/۰-	۳۰۷/۰	۶۳۱/۰-	۱۵	۳۱۱۸۵۶۹	۵-۲	
۹۷۲۳/۲-	۵۳۴/۱-	۲۰۲/۰	۳۳۲/۱-	۴	۱۶۷۵۸۴۱	۱۰-۵	شیب
۹۹۵۷/۱-	-۰۱۱/۲-	-۰۹۵/۰	۹۱۶/۱-	۱	۷۵۱۴۲۷	۱۰>	

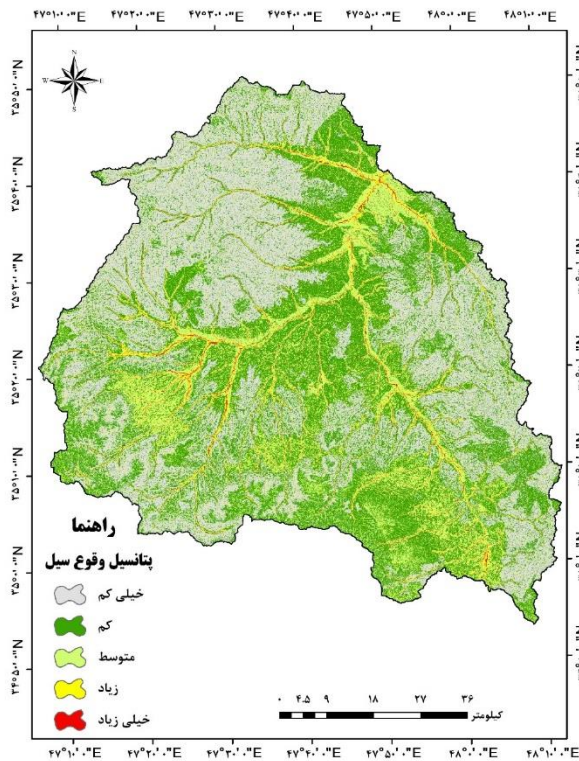
ادامه جدول ۱.

Woe	C	W-	W+	تعداد سیل	تعداد نقطه	طبقه‌ها	سنجه
۹۴۳۶/۱۶	۶۲۱/۴	۲۰۶/۱-	۴۱۴/۳	۴۶	۱۶۷۳۴۶	۳۰-۰	
۹۹۲۰/۷	۶۴۴/۲	۱۷۱/۰-	۴۷۳/۲	۱۱	۱۰۲۵۹۶	۶۰-۳۰	
۵۹۹۴/۰	۴۳۱/۰	۰۱۱/۰-	۴۲۰/۰	۲	۱۴۵۳۴۱	۱۰۰-۶۰	فاصله از آبراه
۰۰۱۷/۰	۰۰۱/۰	۰۰۰/۰	۰۰۱/۰	۲	۲۲۰۸۷۶	۱۵۰-۱۰۰	
۷۹۷۰/۹-	۰۵۷/۵-	۳۶۱/۲	۶۹۵/۲-	۴	۶۵۵۰۸۸۱	۱۵۰>	
۴۰۲۹/۱-	۸۲۹/۰-	۰۵۸/۰	۷۷۱/۰-	۳	۷۶۴۰۷۸	۲۷۰-۲۲۹	
۰۳۲۹/۱-	۳۹۰/۰-	۰۵۷/۰	۳۳۳/۰-	۸	۱۳۱۴۱۹۱	۳۱۰-۲۷۰	
۴۷۸۵/۰-	۱۶۵/۰-	۰۲۷/۰	۱۳۷/۰-	۱۰	۱۳۵۰۹۵۲	۳۵۰-۳۱۰	بارندگی
۸۸۹۵/۲	۷۵۷/۰	۱۹۸/۰-	۵۵۹/۰	۲۲	۱۴۸۰۹۱۰	۳۹۰-۳۵۰	
۷۵۷۹/۰	۲۲۹/۰	۰۴۵/۰-	۱۸۴/۰	۱۴	۱۳۷۲۰۱۳	۴۳۰-۳۹۰	
۱۷۱۲/۱-	۴۴۲/۰-	۰۶۶/۰	۳۷۶/۰-	۸	۱۳۷۲۰۱۳	۴۶۰-۴۳۰	
.	.	.	.	.	۳۵۵۳۱۵	۵<	
۹۰۳۴/۸-	۵۹۵/۴-	۹۵۰/۱	۶۴۵/۲-	۴	۶۲۲۷۸۵۲	۱۰-۵	شاخص رطوبت پستی-
۳۱۵۹/۱۲	۲۶۷/۳	۰۵۳/۱-	۲۱۴/۲	۴۴	۵۳۱۸۳۱	۱۵-۱۰	بلندی
۲۴۲۴/۱۲	۵۲۵/۳	۲۷۳/۰-	۲۵۲/۳	۱۶	۶۸۴۵۰	۲۰-۱۵	
۴۱۵۲/۳	۴۴۲/۳	۰۱۵/۰-	۴۲۷/۳	۱	۳۵۹۲	۲۰>	
۰۹۱۳/۱۲-	۴۸۲/۳-	۱۷۰/۲	۳۱۲/۱-	۱۶	۶۵۶۸۲۶۸	۲۰۰۰۰۰<	
۲۴۷۰/۲	۰۴۶/۱	۰۵۱/۰-	۹۹۵/۰	۵	۲۰۴۴۵۸	۴۰۰۰۰۰-۲۰۰۰۰۰	
۳۴۵۸/۰	۳۴۸/۰	۰۰۵/۰-	۳۴۴/۰	۱	۷۸۳۹۰	۶۰۰۰۰۰-۴۰۰۰۰۰	شاخص توان آبراه
۴۵۸۰/۳	۰۴۴/۲	۰۴۱/۰-	۰۰۳/۲	۳	۴۴۷۴۹	۸۰۰۰۰۰-۶۰۰۰۰۰	
۲۵۶۸/۱۴	۶۳۵/۳	۹۱۴/۰-	۷۲۱/۲	۴۰	۲۹۱۱۷۵	۸۰۰۰۰۰>	

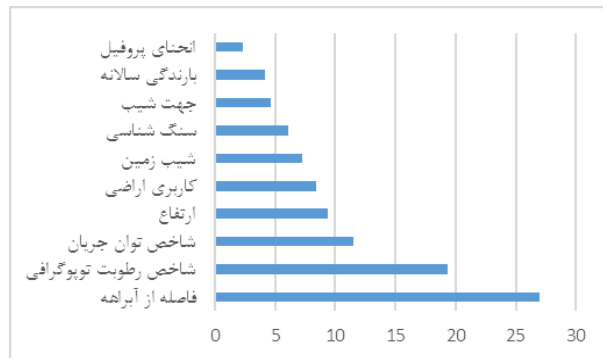
آبراه، ارتفاع، کاربری زمین، شیب زمین، سنگ‌شناسی، جهت شیب، بارندگی سالانه، و انحنای زمین به ترتیب بیش‌ترین نقش را در روی‌داد سیل در آبخیز رود تلوار کردستان داشت.

اندازه‌ی اهمیت نسبی نقش عامل‌های مؤثر بر روی‌داد سیلاب در مدل وایازی پشتیبان بیزین در شکل ۳ نشان داده شده است. شاخص فاصله از آبراه، رطوبت پستی‌بلندی، توان





شکل ۲- نقشه ی سیل خیزی با مدل شاهد وزنی.



شکل ۳- اهمیت نسبی عامل های مؤثر بر روی داد سیل با مدل وایازی پشتیبان بیزین.

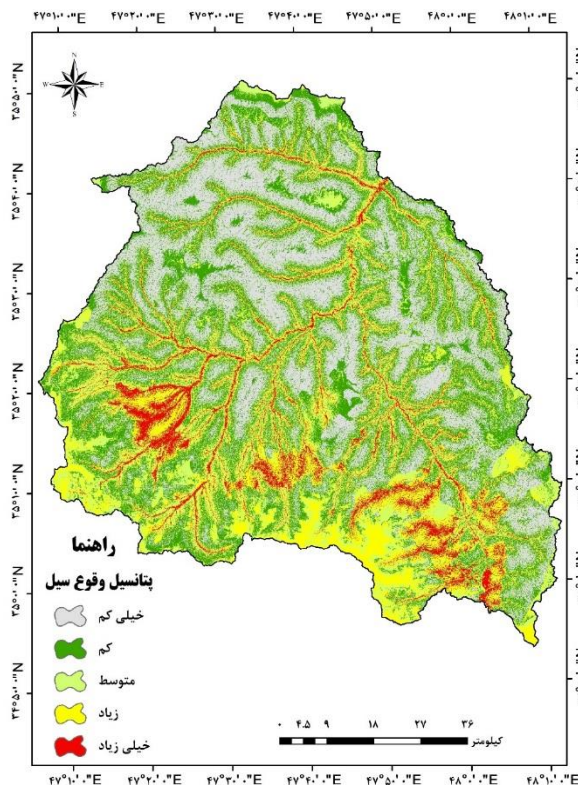
نقشه ی پیش بینی مکانی روی داد سیل با روش وایازی پشتیبان بیزین مطابق وزن های به دست آمده برای هر عامل مؤثر در روی داد سیل در شکل ۴ آورده شده است.

پس از تعیین ضریب (وزن) عامل های مؤثر بر روی داد سیل با روش وایازی پشتیبان بیزین، ضرایب به دست آمده از پردازش آماری برای هر متغیر مستقل به کار برده شد و معادله ی خطی (Z) به دست آمد (رابطه ی ۶).

۶

$$P = \frac{1}{1+e^{-\left( (-0.031 + [0.08 \times TWI]) + [0.154 \times \text{Distance to river}] + [0.137 \times SPI] + [0.25 \times \text{Slope}] + [-0.123 \times \text{Rainfall}] + [0.02 \times \text{Curvature}] + [0.166 \times \text{Elevation}] + [0.067 \times \text{Land use}] + [-0.023 \times \text{Lithology}] + [-0.048 \times \text{Aspect}] \right)}}$$

نقشه‌ی پیش‌بینی مکانی روی داد سیل با روش وایزی پشتیبان بیزین مطابق وزن های به دست آمده برای هر عامل مؤثر در روی داد سیل در شکل ۴ آورده شده است.



شکل ۴- نقشه‌ی سیل خیزی با مدل وایزی پشتیبان بیزین.

نتیجه‌ی شاخص سیل‌خیزی و درصد مساحت هر طبقه بر پایه‌ی روش وزن شاهد و وایزی پشتیبان بیزین در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- درصد مساحت هر منطقه به تفکیک اندازه‌ی امکان سیل و آبگرفتگی.

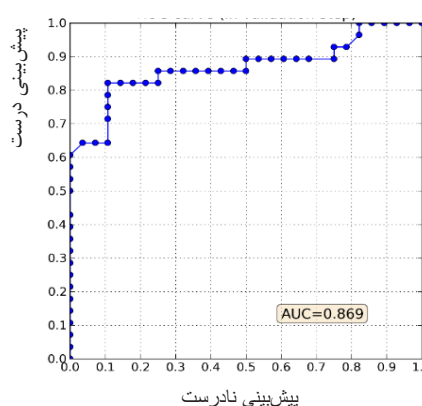
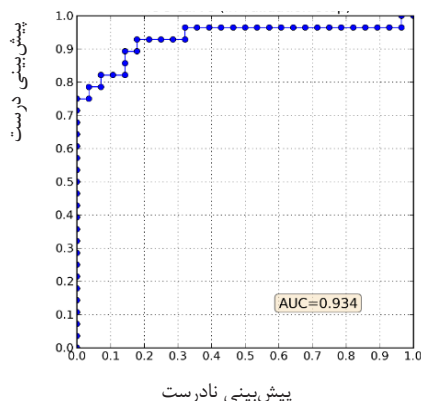
BLR	WOE	طبقه
۲۵/۵۴	۳۷/۶۹	خیلی کم
۲۹/۳۸	۳۶/۳	کم
۲۱/۶۹	۱۷/۲۷	متوسط
۱۶/۵۹	۷/۲۲	زیاد
۶/۸	۱/۷۹	خیلی زیاد

نبودن سیل‌خیزی است. منحنی ROC مدل‌های ارزیابی شده با توجه به داده‌های اعتبارسنجی در شکل ۵ آورده شده است. مقدار سطح زیر منحنی برای مدل وزن شاهد ۰/۸۶۹ و برای مدل وایزی پشتیبان بیزین ۰/۹۳۴

برای اعتبارسنجی نقشه‌های سیل‌خیزی از منحنی ROC بهره‌گرفته شد. اگر سطح زیر منحنی ROC کم‌تر از ۰/۵ باشد نشان‌دهنده‌ی درست‌نبودن مدل است، از ۰/۵ تا ۱ نشان‌دهنده‌ی درستی مدل برای پیش‌بینی شدنی بودن یا

وایزی پشتیبان بیزین با بیش‌ترین درستی بهتر از مدل شاهد وزنی بود.

۹۳/۴٪) به دست آمد. نتیجه نشان‌دهنده‌ی کارآیی مناسب هر دو مدل در پیش‌بینی کردن سیل بود، اما کارکرد مدل



شکل ۵- نمودار ROC نقشه‌ی پیش‌بینی سیل خیزی بر پایه‌ی مدل شاهد وزنی (راست) و مدل وایزی پشتیبان بیزین (چپ) در آبخیز رود تلوار.

سیل در زمین‌های اطراف رود به دلیل نزدیک بودن به بستر رود، زمین‌های مسطح به دلیل امکان تجمع آب و آب‌گیری بیش‌تر است که با نتیجه‌ی تهرانی و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد. سنجه‌ی بارندگی عامل اصلی در روی داد سیل است، به طوری که بی‌آن هیچ سیلابی ایجاد نخواهد شد، و با افزایش مقدار آن احتمال روی داد سیل افزایش می‌یابد، که با یافته‌های خسروی و همکاران (۲۰۱۶) و تهرانی و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد. نتیجه‌ی پژوهش نشان داد که رسوب‌های آب‌رفتی و تراس‌های رودخانه‌ی (Qal) که به دلیل تناوب در فرآیندهای تخریب و ته‌نشست در رودها تشکیل و تکوین یافته است، از دیگر لایه‌های سنگ‌شناسی منطقه تأثیر بیش‌تری در پدیده‌ی سیل دارد.

نتیجه‌ی پژوهش نشان داد که سیل خیزی ناشی از برآیند عامل‌های مختلف محیطی و انسانی است. بر پایه‌ی نقشه‌ی پیش‌بینی خطر سیل می‌توان کنش‌های مدیریتی مناسبی برای کاهش دادن زیان‌ها و آسیب‌های ناشی از سیل انجام داد. دست‌یابی به نقشه‌ی پیش‌بینی مکانی دقیق ممکن است به مدیران و برنامه‌ریزان در شناسایی منطقه‌های حساس به روی داد سیل برای مدیریت کردن بحران در جاهایی که امکان سیل است کمک روشنی کند.

از دو مدل وزن شاهد و وایزی پشتیبان بیزین برای پیش‌بینی سیل خیزی بهره گرفته شد. مدل‌های داده‌کاوی به دلیل زیاد بودن قدرت محاسبه در منطقه‌هایی که اطلاعات ایستگاه‌های آب‌سنجی و داده‌های درازمدت ندارند بسیار مفید است، و به اولویت‌بندی معیارهای موثر بر روی داد سیل می‌پردازد و با بهره‌گیری از تحلیل مکانی سامانه‌ی جغرافیایی و نتیجه‌ی آن، و به کارگیری مدل خطر سیلاب را پهنه‌بندی می‌کند. از آن‌جا که این منطقه در اقلیم نیمه‌خشک است، و به دلیل پستی‌بلندی و گذرگاه‌های آب در فصل‌های پر بارش، امکان جذب‌شدن و پذیرش حجم فراوانی از روان‌آب نیست، و در بازه‌های زمانی کوتاه از دوران بارندگی امکان روی دادن سیلاب هست. نقشه‌های این دو مدل به پنج طبقه، توان خیلی کم، کم، متوسط، زیاد، و خیلی زیاد تقسیم شد. بیش‌ترین مساحت منطقه با توان زیاد و خیلی زیاد در مدل BLR مشاهده شد. با توجه به نتیجه‌ی پژوهش، با کاهش شیب احتمال آب‌گرفتگی و روی داد سیل بیش‌تر بود، که با نتیجه‌ی آزادی و همکاران (۲۰۲۰) و تهرانی و همکاران (۲۰۱۴) هم‌خوانی دارد. عامل ارتفاع از سطح دریا با روی داد سیل رابطه‌ی معکوس داشت، به طوری که در جاهای با ارتفاع زیاد احتمال روی داد سیل کم‌تر بود، و این با یافته‌های تهرانی و همکاران (۲۰۱۴) و خسروی و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد. احتمال روی داد

- Abedini M, Fathi Jokadan R. 2016. Flood risk zoning in the Karganroud's Catchment basin using ArcGIS. *Hydrogeomorphology*. 3(7):1-17. (In Persian).
- Asgari M, Ahmadi M, Hemati M. 2016. Erosion of Chardavol River using HEC-RAS and GIS models. *Geographical research*. 30(1):71-80. (In Persian).
- Avali VR, Cooper GF, Gopalakrishnan V. 2014. Application of bayesian logistic regression to mining biomedical data. In *AMIA Annual Symposium Proceedings*. American Medical Informatics Association. 2014(1):266-274.
- Avand M, Moradi H, Ramezanzadeh M. 2020. Preparation of flood sensitivity map using two models of random forest machine learning and Bayesian generalized linear model. *Journal of Environment and Water Engineering*. 6(1):83-95. (In Persian).
- Azadtalab M, Shahabi H, Shirzadi A, Chapi K. 2020. Flood hazard mapping in Sanandaj using combined models of statistical index and evidential belief function. *Journal of Motaleat Shahri*. 9(36):27-40. (In Persian).
- Azadi F, Sadough SH, Ghaharoudi M, Shahabi H. 2020. Zoning of flood risk in Kashkan river basin using two models WOE and EBF. *Journal of Geography and Environmental Hazards*. 9(1):45-60. (In Persian).
- Bui DT, Panahi M, Shahabi H, Singh VP, Shirzadi A, Chapi K, Khosravi K, Chen W, Panahi S, Li S, Ahmad BB. 2018. Novel hybrid evolutionary algorithms for spatial prediction of floods. *Scientific Reports*. 8(1):1-14.
- Chapi K, Talebpour A, Shirzadi A, 2018, Comparison of logistic regression models and Bayesian logistic regression for spatial prediction of mass movements in Kurdistan Province, *Journal of Quantitative Geomorphology Research*, 7(2):60-81. (In Persian).
- Chen W, Li Y, Xue W, Shahabi H, Li S, Hong H, Wang X, Bian H, Zhang S, Pradhan B, Ahmad BB. 2020. Modeling flood susceptibility using data-driven approaches of naïve bayes tree, alternating decision tree, and random forest methods. *Science of The Total Environment*. 701(1):1-29.
- Chowdhuri I, Pal SC, Chakraborty R. 2020. Flood susceptibility mapping by ensemble evidential belief function and binomial logistic regression model on river basin of eastern India. *Advances in Space Research*. 65(5):1466-1489.
- Das I, Stein A, Kerle N, Dadhwal VK. 2012. Landslide susceptibility mapping along road corridors in the Indian Himalayas using Bayesian logistic regression models. *Geomorphology*. 179(15):116-25.
- Esmaili F, Rahmani S. 2015. Flood zoning using GIS and mathematical models emphasizing flood management: a case study of Gavi River, Ilam Province, western Iran. *International Bulletin of Water Resources and Development*. 2(4):60-72. (In Persian).
- Feng LH, Lu J. 2010. The practical research on flood forecasting based on artificial neural networks. *Expert Systems with Applications*. 37(4):2974-2977.
- Janizadeh S, Avand M, Jaafari A, Phong TV, Bayat M, Ahmadisharaf E, Prakash I, Pham BT, Lee S. 2019. Prediction success of machine learning methods for flash flood susceptibility mapping in the tafresh watershed, Iran. *Sustainability*. 11(19):5426.
- Khosravi K, Pourghasemi HR, Chapi K, Bahri M. 2016. Flash flood susceptibility analysis and its mapping using different bivariate models in Iran: a comparison between Shannon's entropy, statistical index, and weighting factor models. *Environmental Monitoring and Assessment*. 188(12):1-21.
- Khosravi K, Nohani E, Maroufinia E, Pourghasemi HR. 2016. A GIS-based flood susceptibility assessment and its mapping in Iran: a comparison between frequency ratio and weights-of-evidence bivariate statistical models with multi-criteria decision-making technique. *Natural*

- Hazards. 83(2):947–987.
- Lajevardi M, Khaledi S, Satari S. 2014. Zoning of flood potential of Mordagh Chay catchment (East Azerbaijan). *Journal of Geography and Planning*. 17(44):237-255. (In Persian).
- Mohammadi A, Kamran KV, Karimzadeh S, Shabani H, Al-Ansari N. 2020. Flood detection and susceptibility mapping using sentinel-1 time series alternating decision trees and Bag-ADTree models. *Complexity*. 17(1):1–21.
- Mosavi A, Ozturk P, Chau K.W. 2018. Flood prediction using machine learning models: Literature Review. *Water*. 10(11):1–40.
- Opolot E. (2013). Application of remote sensing and geographical information systems in flood management: A review. *Research Journal of Applied Sciences Engineering and Technology*. 6(10). 1884–1894.
- Pradhan B. 2010. Landslide susceptibility mapping of a catchment area using frequency ratio, fuzzy logic and multivariate logistic regression approaches. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 38(2):301–320.
- Rahmati O, Pourghasemi HR, Zeinivand H. 2016. Flood susceptibility mapping using frequency ratio and weights-of-evidence models in the Golestan Province, Iran. *Geocarto International*. 31(1):42–70.
- Shafapour Tehrany M, Kumar L, Neamah Jebur M, Shabani F. 2019. Evaluating the application of the statistical index method in flood susceptibility mapping and its comparison with frequency ratio and logistic regression methods. *Geomatics Natural Hazards and Risk*. 10(1):79–101.
- Song KY, Oh HJ, Choi J, Park I, Lee C, Lee S. 2012. Prediction of landslides using ASTER imagery and data mining models. *Advances in Space Research*. 49(5):978–93.
- Tehrany MS, Pradhan B, Jebur MN. 2014. Flood susceptibility mapping using a novel ensemble weights-of-evidence and support vector machine models in GIS. *Journal of Hydrology*. 512(1):332–343.
- Yariyan P, Avand M, Abbaspour RA, Torabi Haghighi A, Coşta R, Ghorbanzadeh O, Janizadeh S, Blaschke T. 2020. Flood susceptibility mapping using an improved analytic network process with statistical models. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*. 11(1):2282–314.



## ***Watershed Management Research***

VOL. 34, No.4, Ser. No: 133, Winter 2022, pp. 104-117  
DOI: 10.22092/WMRJ.2021.354344.1405

Research Paper



# **Evaluation of the Flooding Susceptibility in the Telvar River Basin Using the Evidence Weight Models and the Bayesian Logistic Regression**

### **Afroz Gavili**

Graduate student in Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

### **Jamil Bahrami**

(Corresponding Author)\* Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

### **Kamran Chapi**

Associate Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

### **Omid Rahmati**

Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, Iran

Corresponding Author Email: [gbahrami@uok.ac.ir](mailto:gbahrami@uok.ac.ir)

Received: 09 April 2021

Accepted: 20 June 2021

### **Abstract**

Flooding is one of the most dangerous and common natural disasters, which yearly causes many damages and casualties for communities and the environment. A comprehensive flooding assessment and management is essential to reduce the effects of flooding on people's lives and livelihoods. Due to an increase in flooding in recent years, locating and identifying flood-prone areas is very important to predict this environmental disaster as mis-identification of flood-prone areas in a watershed may have devastating effects. The main purpose of this study was to evaluate the performance of the Bayesian Logistic Regression (BLR) and the weight-of-evidence (WOE) models for preparing flooding susceptibility maps in the Talvar Watershed of Province of Kurdistan. The geographical location of 93 flood prone areas identified in the watershed was randomly divided into one group (70%) for calibration and another (30%) for validation. Both models consider ten effective factors in causing flooding, namely: slope, slope direction, curvature, digital elevation model, distance from stream, topographic wetness index (TWI), stream power index (SPI), rainfall amount, geology, and land use. According to the WOE model, about 35.8% of the area is placed in the medium to very high hazard class, and based on the Bayesian logistic regression model, about 45.08% of the area is placed in the medium to very high hazard class. The relative performance detection curve was used to validate the flooding potential maps. Even though both models offered sufficient accuracy, the higher accuracy was assigned to the BLR model (93.4%). Therefore, the BLR model has better performance than the WOE model in terms of the flooding risk potential.

■ **Keywords:** Bayesian logistic regression mode, flood, Talvar watershed, flood ■