

آینده پژوهی و پتانسیل سنجی خطر وقوع سیل در شهر تهران با استفاده از الگوریتم ماشین پشتیبان بردار SVM

پویا امیری

دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان ایران

محمد ابراهیم عفیفی*

استادیار گروه جغرافیا، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان ایران

مرضیه موغلی

دانشیار گروه جغرافیا، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۶/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۲۸

چکیده

آینده پژوهی شامل مجموعه تلاش‌هایی است که با جستجوی منابع، الگوها، و عوامل تغییر یا ثبات، به تجسم آینده‌های بالقوه و برنامه‌ریزی برای آن‌ها می‌پردازد. آینده پژوهی بازتاب‌دهنده چگونگی زایش واقعیت «فردا» از دل تغییر (یا ثبات) «امروز»، است. روند رو به افزایش سیل در سال‌های اخیر حاکی از آن است که اکثر مناطق کشور در معرض تهاجم سیلاب‌های مخرب قرار دارند و ابعاد خسارات و تلفات جانی و مالی سیل افزایش یافته است. هدف از انجام پژوهش حاضر آینده پژوهی و پتانسیل سنجی خطر وقوع سیل در شهر تهران با استفاده از الگوریتم ماشین پشتیبان بردار SVM بوده است. روش پژوهش تحلیلی مکانی است. داده‌های مورد استفاده در غالب لایه‌های اطلاعاتی تهیه شد. معیارهای مورد استفاده ارتفاع از سطح دریا، درجه شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه، زمین‌شناسی بوده است. شاخص IGR برای ۷ عامل مؤثر انتخاب شده برای وقوع سیل سطحی منطقه مورد مطالعه جهت ارزیابی توانایی پیش‌بینی مدل به دست آمد. نتایج بیانگر آن بود وزن عوامل زمین‌شناسی، ارتفاع از سطح دریا، کاربری اراضی، شیب، جهت شیب، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه به ترتیب ۰٫۰۲۹، ۰٫۰۲۶، ۰٫۰۲۵، ۰٫۰۱۹، ۰٫۰۱۵، ۰٫۰۰۹، ۰٫۰۰۸ به دست آمد که بیشترین مقادیر به عامل زمین‌شناسی ۰٫۰۲۹ و کمترین مقدار به عامل فاصله از رودخانه ۰٫۰۰۸ اختصاص یافت. نقشه پهنه‌بندی نهایی نشان داد، کلاس حساسیت زیاد به سیل خیزی در محدوده ۴۰٫۶۳٪ بیشترین و کلاس حساسیت خیلی کم ۳٫۵۵٪ کمترین مساحت را به خود اختصاص داده است و مناطق جنوبی محدوده مطالعاتی از نظر آسیب‌پذیری سیل بیشترین حساسیت و مناطق شمالی محدوده مطالعاتی کمترین آسیب‌پذیری در برابر وقوع سیل را دارند.

واژگان کلیدی: آینده پژوهی، سیل، تهران، الگوریتم ماشین پشتیبان بردار.

مقدمه

آینده‌پژوهی مجموعه‌ای از ابزارها و روش‌ها برای سازمان‌ها و جوامع به‌منظور پاسخگویی به سونامی تغییرات و مگاترندهای جهانی (رشد جای پای اکولوژیک، کاهش امید، افزایش مخاطرات فراگیر، تغییرات اقلیمی، افزایش شهرنشینی، سالخوردگی جمعیت و دهکده جهانی) فراهم می‌کند. همه این مگاترندها در سطوح مختلف تأثیراتی در شهرهای مختلف جهان دارند که نیازمند راه‌حل‌های محلی و اقدامات جوامع برخلاف واکنش‌های فرمالیته هستند (دافارا، ۲۰۱۱). شهر را می‌توان پیچیده‌ترین محصول بشر دانست که در طول تاریخ فرایند تکاملی خود را پیموده است. موضوعات و مسائل شهری دارای ابعاد و سطوح متعددی هستند که تحلیل آن‌ها را بسیار سخت می‌کند. پیچیدگی و چندبعدی بودن مسائل شهری با رشد تکنولوژی و موضوعات جهانی شدن به‌مراتب بیشتر شده و عدم قطعیت شرایط و احتمال وقوع آینده‌های گوناگون بر دشواری تصمیم‌گیری در مسائل شهری افزوده است، در چنین شرایطی تصمیم‌گیری برای مسائل شهری و برنامه‌ریزی برای آینده به‌مراتب دشوارتر می‌شود. (Yalcin, A. 2018)

برنامه‌ریزی شهری و آینده‌پژوهی هر دو اصولاً به آینده مرتبطاند. هرکدام از این دو فعالیت به موضوعات مبهم، چندوجهی و بحث‌برانگیز می‌پردازند که نتایج این موضوعات پیچیده و نامشخص است. هدف مطلوب هر رشته فراهم کردن آینده‌ای بهتر و جلوگیری از خطرات نامطلوب است. برنامه‌ریزی شهری و آینده‌پژوهی باوجود بهره‌گیری از روش‌های پیچیده ارائه و مهارت‌های خاص خود که برآمده از شیوه عمل آن‌ها و دشواری‌های روش‌شناختی در متعادل‌سازی دامنه‌ای گسترده از فنون، مشارکت‌کنندگان و نگرش‌ها است، دارای شیوه‌های نگرش متفاوت به آینده می‌باشند (Ratcliffe, John & Krawczyk, 2011) از آنجاکه سیلاب شهری، پدیده‌ای است که بسیاری از شهرها را تحت تأثیر قرار داده است در این پژوهش، آینده‌پژوهی و پتانسیل سنجی خطر وقوع سیل در غرب شهر تهران با استفاده از الگوریتم ماشین پشتیبان بردار SVM مورد بررسی قرار می‌گیرد. (Rohani, H., M. Mohseni Saravi and A. Malekian. 2015)

سیلاب‌ها پدیده‌های طبیعی هستند که از جنبه‌های هیدرولوژیکی، ژئومورفولوژیکی و اکولوژیکی، اهمیت دارند (Benito, G. (2013). اصطلاح سیلاب در ابتدا به‌وسیله شورای پژوهش‌های ملی آمریکا مطرح شد و فقط به نوع خاصی از سیلاب که فقط بر روی مخروط افکنه‌ها رخ می‌دهد اطلاق می‌شود. بیشتر سیلاب‌ها به علت رگبارهای شدید تابستانی ایجاد می‌شوند (قنواتی و همکاران، ۱۳۹۱؛ ۳۹). این سیلاب‌ها با ویژگی‌هایی چون سرعت جریان بالا، مسیرهای جریانی مختلف و فرآیندهای بسیار فعال فرسایشی، حمل و رسوب‌گذاری همراه هستند (راستگو و همکاران ۱۳۹۸؛ ۱۷۵). از آنجاکه خسارت‌های سیلاب در شهرها، موجب تخریب ساختمان‌ها، خسارات جانی و تخریب زیرساخت‌ها می‌شود پرداختن به آن جهت جلوگیری از خسارات بیشتر در آینده حائز اهمیت است. محدوده مطالعاتی پژوهش حاضر شهر تهران است. آمارها نشان می‌دهند که تعداد حوادث سیل در شهر تهران در چند دهه اخیر رو به افزایش بوده است. هرچند وجود حوضه‌های آبریز شمالی- جنوبی (به سمت محدوده شهری)، شیب تند مناطق شمالی تهران، اختلاف ارتفاع حدود

1- Daffara

2 - Benito

۷۰۰ متر بین شمال و جنوب تهران و رواناب‌های ناشی از بارش در ارتفاعات شمالی عوامل عمده وقوع سیلاب را تشکیل می‌دهند ولی به هم خوردن سیستم زهکشی شهر تهران به دلیل اجرای برخی از طرح‌ها نظیر سیل برگردان غرب و تونل‌های زهکشی مرکز شهر، تسطیح زمین برای ساخت‌وساز و همچنین اجرای بزرگراه‌های متعدد در امتداد شرقی-غربی که قطع کننده زهکش‌های عمده شهر هستند، بر شدت سیلاب‌های شهری تهران می‌افزاید (قهرودی تالی، ۱۳۹۴: ۲). حوضه‌های آبریز تهران را می‌توان به دودسته کلی گروه‌بندی کرد. حوضه‌هایی که رواناب‌های آن از ارتفاعات شمال غرب (مناطق ۲ و ۵ شهرداری) سرچشمه می‌گیرند و حوضه‌هایی که منشأ رواناب‌های آن ارتفاعات شمال شرق تهران (مناطق ۱ و ۴ شهرداری) هستند. (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۵)

در این راستا پژوهش‌های نیز در ایران و جهان انجام پذیرفته است. (Santangelo, N. And Santo, A. (2011))، با استفاده از آنالیز ژئومورفولوژیکی، مخروط‌های آبرفتی فعال را در جنوب ایتالیا شناسایی نمود، Santangelo, N. And Santo, A. (2011)، وقوع سیلاب‌های ناگهانی را ماسیف مارزانو (آپتین جنوبی در ایتالیا) مورد مطالعه قراردادند. (Kain, C.L. Rigby, E.H. And Mazengarb, C. (2018))، با استفاده از مورفومتری حوضه، تصاویر هوایی، تهیه نقشه از لیدار و مدل‌سازی هیدرولیکی دوبعدی اثرات سیل و رسوب‌گذاری را در منطقه کاوساید تاسمانی بررسی کردند. (احمدی و همکاران، ۱۳۹۳: ۳۱)، به مقایسه روش‌های برنامه‌ریزی ژنتیک و ماشین بردار در پیش‌بینی جریان روزانه رودخانه باراندوزچای ارومیه پرداخته و روش SVM را به مراتب ساده‌تر از روش GP ارزیابی کرده است. (Kheyrizadeh, M., J. Maleki and H. Amounia. 2012)، پتانسیل خطر وقوع سیلاب در حوزه آبخیز مردق چای را با استفاده از مدل ANP پهنه‌بندی کردند و نتیجه گرفتند، پنج درصد از سطح حوضه در خطر وقوع سیلاب بسیار زیاد و حدود ۲۷ درصد از سطح حوضه در خطر وقوع سیلاب زیاد است. این مناطق بیشتر در قسمت‌های پایین دست حوضه واقع شده‌اند. (حاتمی نژاد و همکاران، ۱۳۹۶: ۴۵)، به پهنه‌بندی خطر سیل با استفاده از تحلیل چند معیاره و GIS مطالعه موردی: شهرستان ایذه پرداختند که نقشه نهایی پهنه‌بندی سیلاب نشان داد که حدود ۴۳ درصد از شهرستان در پهنه خطر خیلی زیاد و ۳٫۸ درصد خیلی کم از لحاظ سیل‌گیری قرار دارد. (کریمی فیروزجانی، ۱۳۹۷: ۷۵)، به بررسی و پهنه‌بندی ریسک‌پذیری سیل با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر استدلال شهودی دمپستر شافر در حوزه آبخیز نکا پرداختند که بر اساس نتایج به دست آمده از بررسی طبقات مختلف ریسک‌پذیری زیر حوزه پایاب نکا و سراب نکا به ترتیب بیشترین و کمترین مساحت مربوط به طبقه ریسک زیاد و خیلی زیاد را به خود اختصاص داده‌اند. (حسام و همکاران، ۱۳۹۸: ۳۲)، به پتانسیل سنجی خطر سیلاب شهری با رویکرد توسعه شهری ایمن شهر گنبدکاووس پرداختند که نتایج حاصل از نقشه حاصل از خطرپذیری شهرستان گنبدکاووس، بیانگر قرارگیری این شهر در پهنه با پتانسیل خطر زیاد است که نتایج حاصل و اتفاقات سیل اخیر گنبدکاووس ناشی از ریسک بیرونی سیلاب است. (گودرزی و فاتحی فر، ۱۳۹۸: ۹۹)، به پهنه‌بندی خطر سیلاب در اثر تغییرات اقلیمی تحت سناریو RCP 8.5 با استفاده از مدل هیدرولوژیکی SWAT در محیط GIS حوضه آذرشهر چای پرداختند. با نقشه نهایی مشخص شد که

اواسط حوضه به دلیل داشتن شرایط مستعد دارای خطر زیاد است. Jamei, E (۲۰۱۶)، با استفاده از GIS-AHP نقشه حساسیت به سیل را تهیه کردند. مهم‌ترین و کمترین معیارهای ایجاد سیل، عوامل هیدرولوژیکی با وزن ۰/۴۹۷ و فعالیت‌های انسانی با وزن ۰/۰۳۷ بودند. مساحت ۳۰۰۰ کیلومترمربع (۴۰,۳۶٪) متمرکز در مناطق حساس به سیل بسیار بالا تا بسیار زیاد که در مجاورت رودخانه بودند قرار داشت، در حالی که مساحت ۱۰۰۰ کیلومترمربع (۱۲٪) حساسیت بسیار کمی نسبت به سیل دارد. مدل‌سازی حساسیت در برابر سیل را با استفاده از مدل‌های یادگیری پیشرفته انجام دادند. جهت اعتبارسنجی مدل از آزمون فریدمن، t جفتی و منحنی ROC استفاده شد (Petit, C.C and E. F, Lambin. 2020)

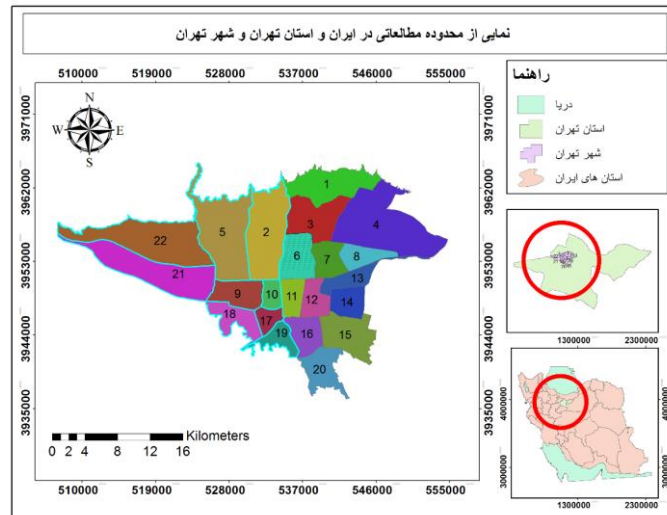
مقدار سطح زیر منحنی با (AUC)ROC بالاتر از ۰,۸ بود. نتایج نشان داد مدل svm دقت بالاتری از ANN دارد (حاتمی نژاد، ۱۳۹۶: ۵).

با بررسی پژوهش‌های پیشین می‌توان نتیجه گرفت تعداد زیادی از مطالعات پیشین به بررسی سیلاب پرداخته‌اند اما در هیچ‌یک با رویکرد آینده‌نگاری انجام نشده است. هدف از انجام پژوهش حاضر آینده‌پژوهی و پتانسیل سنجی خطر وقوع سیل در شهر تهران با استفاده از الگوریتم ماشین پشتیبان بردار svm بوده است، لذا با توجه به اینکه تعداد زیادی از مناطق روستایی و شهری کشور ایران در مناطق کوهپایه قرار گرفته‌اند و مورد تهدید خطر سیلاب هستند و لذا شناسایی مناطق پرخطر سیل در مقیاس‌های مختلف می‌تواند در مدیریت این مناطق در آینده کارساز باشد (راستگو و همکاران، ۱۳۹۸: ۴).

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهر تهران در ۵۱ درجه و ۶ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۱ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است و ارتفاع آن از سطح آب‌های آزاد بین ۱۸۰۰ متر در شمال تا ۱۲۰۰ متر در مرکز و ۱۰۵۰ متر در جنوب متغیر است. تهران در میان دو وادی کوه و کویر و در دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه البرز گسترده شده است. از جنوب به کوه‌های ری و بی‌شهریانو و دشت‌های هموار شهریار و ورامین و از شمال توسط کوهستان محصور شده است. تهران از ۲۲ منطقه تشکیل شده است. محدوده مطالعاتی غرب تهران است. بنابراین با توجه به مناطق ۲۲ گانه تهران، مناطقی که در غرب تهران قرار داشته‌اند به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب گردید که در شکل ۱ و ۲، نشان داده شده است.



شکل ۱: نقشه منطقه مورد مطالعه



شکل ۲: نمایی از محدوده مطالعاتی در Google earth

داده‌ها

– عوامل مؤثر بر وقوع سیل

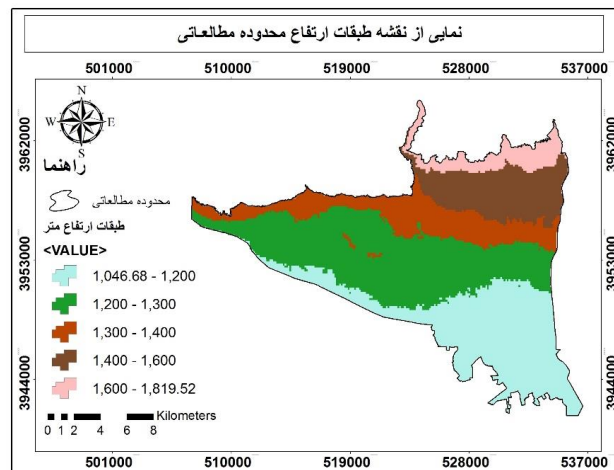
ارتفاع از سطح دریا

نقشه ارتفاع محدوده منطقه مورد مطالعه غرب تهران نسبت به سطح دریا نشان‌دهنده موقعیت اقلیمی آن است و ارتفاع متوسط نقش مهمی در پراکنش بارندگی و همچنین وضعیت کمی و کیفی پوشش گیاهی حوضه داشته و از این طریق می‌توان بر مقدار رواناب حاصل مؤثر واقع شد. با استفاده از تحلیل‌های GIS ارتفاع متوسط نقشه ارتفاعی برابر ۱۴۵۰ متر است و همچنین حداکثر و حداقل ارتفاع منطقه مورد نظر از ۱۰۴۶٫۶۸ متر شروع تا ۱۸۱۹٫۵۲ متر می‌باشد. در شکل ۳،

مناطق شمالی محدوده مطالعاتی دارای ارتفاع بالاتر است در وقوع سیلاب، مناطقی که ارتفاع کمتری دارند به دلیل قرار گرفتن در ارتفاع کمتر، بیشتر در معرض خطر می‌باشند که در جنوب محدوده مطالعاتی قرار دارند.

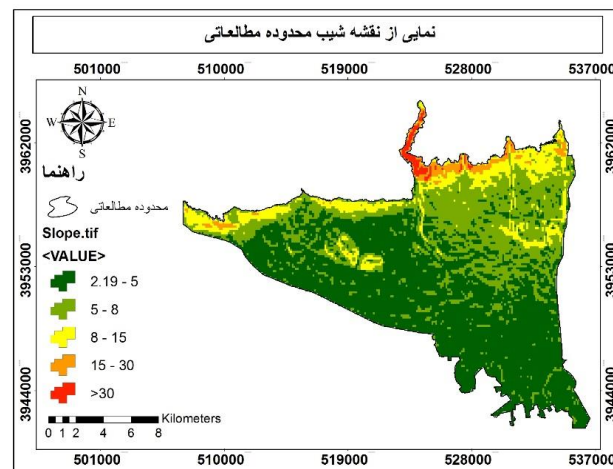
درجه شیب

درجه شیب یک پارامتر کنترل‌کننده ضروری در ارزیابی پایداری شیب است. به‌طور کلی با افزایش زاویه شیب، خطر سیل نیز افزایش می‌یابد و انتظار می‌رود میزان وقوع سیل در دامنه‌های پرشیب بیشتر از دامنه‌های با شیب ملایم باشد. نقشه شیب از مدل رقومی ارتفاعی DEM در ۵ طبقه آماده‌سازی شد. توزیع پراکنش بر روی نقشه شیب منطقه مطالعاتی نشان‌دهنده آن است که کلاس ۵-۲،۱۹ درجه بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است. در شکل ۴، مناطق پرشیب در شمال محدوده مطالعاتی قرار داشته بنابراین حساسیت بیشتری در وقوع سیل دارند و مناطق کم شیب در جنوب محدوده مطالعاتی واقع شده و حساسیت کمتری به وقوع سیلاب دارند.



مأخذ: نگارنده

شکل ۳: نقشه ارتفاعی منطقه مورد مطالعه

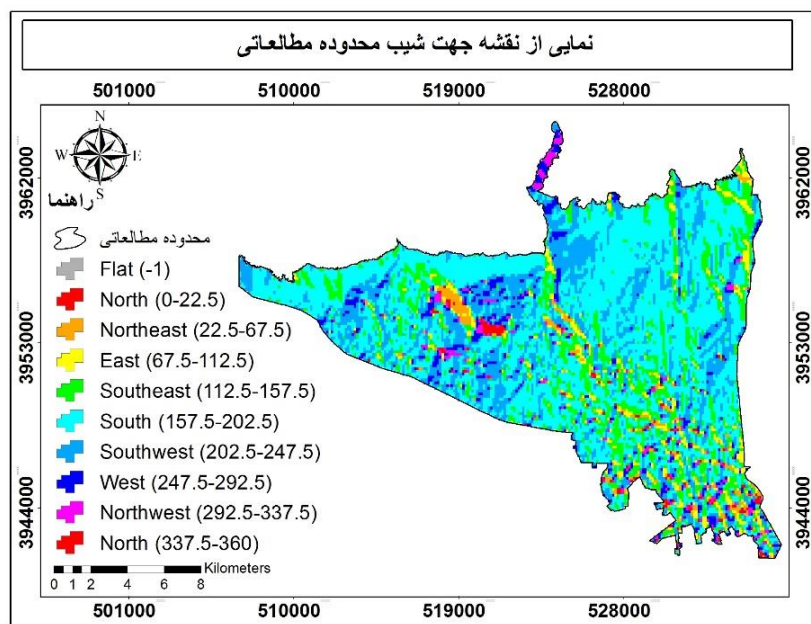


مأخذ: نگارنده

شکل ۴: نقشه شیب منطقه مورد مطالعه

جهت شیب

حداکثر جهت شیب از سطح زمین با توجه به شمال جهت شیب نامیده می‌شود. اثرات جهت شیب در بی‌ثباتی شیب از طریق تأثیر در روند هیدرولوژیکی از طریق تبخیر و تعرق، تأثیر بر روند هوازدگی، پوشش گیاهی و رشد ریشه می‌باشد. در شکل ۵، نقشه جهت شیب در ۱۰ کلاس نشان داده شده است. خطر پذیری بیشتر در وقوع سیلاب به جهت شیب جنوبی قسمت‌های از مرکز، و خطر کمتر به جهت‌های شمالی که اکثر قسمت‌های حوضه را پوشانده اختصاص دارد.

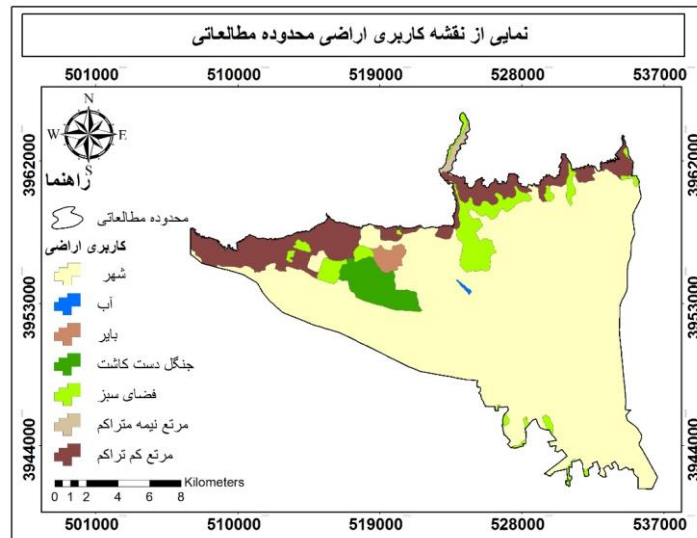


مأخذ: نگارنده

شکل ۵: نقشه جهت شیب منطقه مورد مطالعه

کاربری اراضی

کاربری اراضی به عنوان یک عامل مهم در ارزیابی حساسیت زمین در نظر گرفته می‌شود. این عامل ویژگی‌های زمین را تحت تأثیر قرار داده و سبب رفتار آن می‌شود. در این پژوهش لایه کاربری اراضی در کلاس‌های شهر، آب، بایر، جنگل دست کاشت، فضای سبز، مرتع نیمه متراکم، مرتع کم تراکم آماده‌سازی شد که در شکل ۶ نشان داده شده است. هرچه ساخت و سازها بیشتر باشد خطرپذیری بیشتری در وقوع سیل دارد، البته این پارامتر با سن مصالح و کیفیت ابنیه و نوع سازندها نیز در ارتباط است بنابراین خطرپذیرترین مناطق در شکل ۶ مناطق شهری با تراکم ساخت بالا است. جنگل‌ها و مراتع نیز کم خطرترین مناطق می‌باشند.

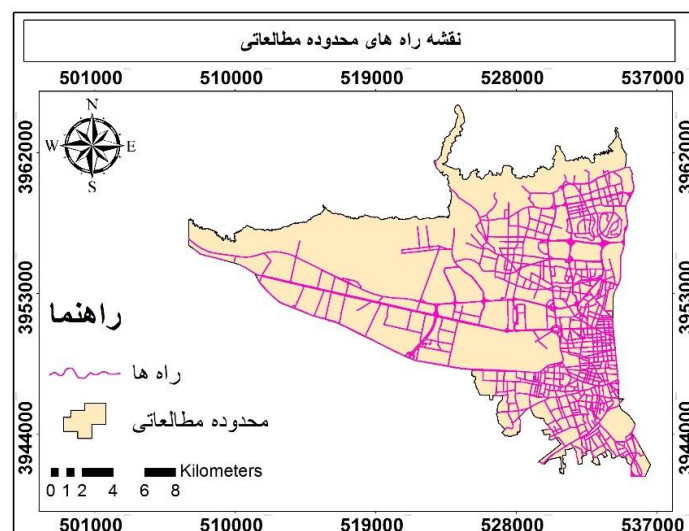


مأخذ: نگارنده

شکل ۶: نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه

فاصله از جاده

این عامل نیز یکی از عوامل تأثیرگذار در ارزیابی خطر سیل در نظر گرفته شده است. چنانچه ساخت‌وسازهای جاده‌ای در نزدیکی دامنه ممکن است شرایط شیبی را که قبل از شروع ساخت‌وساز متعادل بوده کاملاً تغییر دهد در شکل ۷، نقشه راه‌های محدوده مطالعاتی مشاهده می‌شود. لازم به توضیح است حساسیت بالاتر در نقشه در مناطق نزدیک به حریم راه که ساخت و سازها در آن انجام شده می‌باشد.

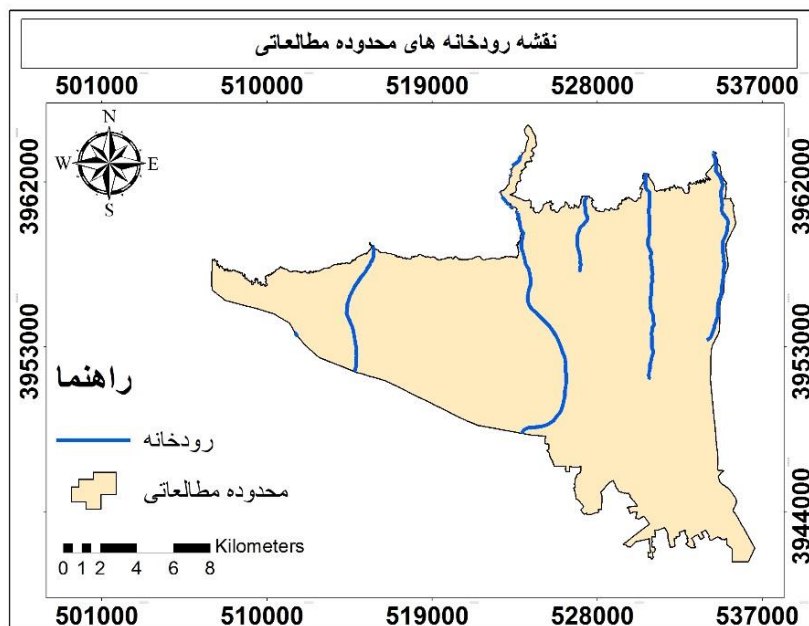


مأخذ: نگارنده

شکل ۷: نقشه راه‌های منطقه مورد مطالعه

فاصله از آبراهه

این عامل به عنوان یکی از عوامل مهم در ارزیابی خطر سیل بسیار حائز اهمیت است. آبهای جاری می‌تواند از طریق فرسایش یا اشباع مواد در پای دامنه، شکست‌های شیب را تحت تأثیر قرار دهد. در واقع به عنوان یک اصل شناخته شده با فاصله گرفتن از آبراهه‌ها پتانسیل وقوع سیل کاهش می‌یابد و در شکل ۸ نشان داده شده است. مناطق مناطق نزدیک به رودخانه حساسیت بالاتری در وقوع سیل دارند که در شمال و غرب و مرکز محدوده مطالعاتی مشاهده می‌شود.

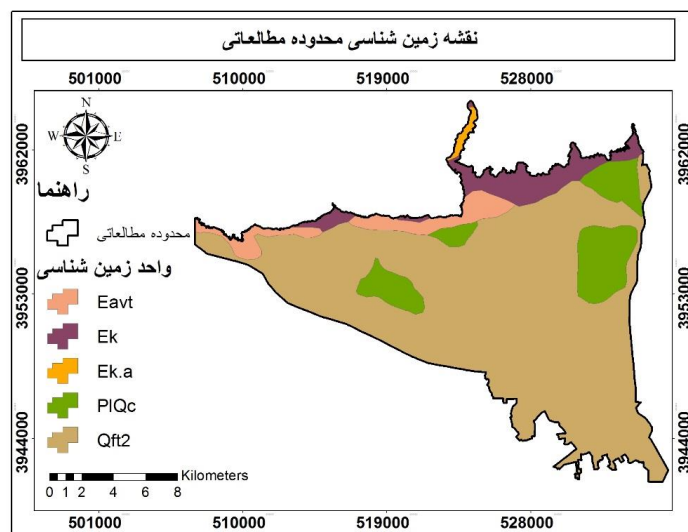


مأخذ: نگارنده

شکل ۸: نقشه رودخانه‌های منطقه مورد مطالعه

زمین شناسی

در شکل ۹، نقشه زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی مشاهده می‌شود. این نقشه شامل کلاس‌های ذخایر تراسی و مخروط افکنه‌های کوهپایه‌ای جدید کم ارتفاع، شیل آهکی و توف (شیل آسارا)، شیل تیره توف دار با میان لایه‌هایی از توف (عضو زیرین توف)، کنگلومرای پلی ژنیک سست است که نشان داده شده است. در شکل ذخایر تراسی و مخروط افکنه‌های کوهپایه‌ای جدید کم ارتفاع، بیشترین حساسیت را به سیل‌خیزی داراست که در مرکز و جنوب محدوده مشاهده می‌گردد. کلاس شیل آهکی و توف (شیل آسارا) نیز کمترین حساسیت را داشته که در شمال محدوده مطالعاتی مشاهده می‌گردد.



مأخذ: نگارنده

شکل ۹: نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

روش‌ها

ماشین بردار پشتیبانی SVM^۱ یکی از روش‌های یادگیری بانظارت است که از آن برای طبقه‌بندی و رگرسیون استفاده می‌کنند (اوهاتا و هماتا^۲، ۲۰۱۰:۱۶). این روش از جمله روش‌های نسبتاً جدیدی است که در سال‌های اخیر کارایی خوبی نسبت به روش‌های قدیمی‌تر برای طبقه‌بندی از جمله شبکه‌های عصبی پرسپترون نشان داده است. مبنای کاری دسته‌بندی کننده SVM دسته‌بندی خطی داده‌ها است و در تقسیم خطی داده‌ها سعی می‌کنیم خطی را انتخاب کنیم که حاشیه اطمینان بیشتری داشته باشد. حل معادله پیدا کردن خط بهینه برای داده‌ها به وسیله روش‌های QP که روش‌های شناخته‌شده‌ای در حل مسائل محدودیت دار هستند صورت می‌گیرد. قبل از تقسیم خطی برای اینکه ماشین بتواند داده‌های با پیچیدگی بالا را دسته‌بندی کند داده‌ها به وسیله تابع ϕ به فضای با ابعاد خیلی بالاتر می‌رود (Jamei, 2016)^۳. برای اینکه بتوان مسئله ابعاد خیلی بالا را با استفاده از این روش‌ها حل نمود از قضیه دوگانگی Petit, C.C (2016). and E. F, Lambin. (2020). لاگرانژ برای تبدیل مسئله مینیمم‌سازی موردنظر به فرم دوگانگی آن که در آن به جای تابع پیچیده ϕ که ما را به فضای با ابعاد بالا می‌برد، تابع ساده‌تری به نام تابع هسته که ضرب برداری تابع ϕ است ظاهر می‌شود استفاده می‌شود و از توابع هسته مختلفی از جمله هسته‌های نمایی، چندجمله‌ای و سیگموئید می‌توان استفاده کرد.

خلاصه استفاده عملی از SVM به این صورت است که، ماتریس الگو آماده‌سازی می‌شود. تابع کرنلی برای استفاده انتخاب می‌گردد. پارامتر تابع کرنل و مقدار C انتخاب می‌شود. برای محاسبه مقادیر α_i الگوریتم آموزشی با استفاده از

1- Support vector machines

2 - Hamada & Ohata

³ Jamei

حل کننده‌های QP اجرا می‌شود. داده‌های جدید با استفاده از مقادیر α_i و بردارهای پشتیبان می‌توانند دسته‌بندی شوند. مجموعه داده‌های آزمایش D شامل n عضو(نقطه) که در اختیار است به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$D = \{(\mathbf{x}_i, y_i) \mid \mathbf{x}_i \in \mathbb{R}^p, y_i \in \{-1, 1\}\}_{i=1}^n \quad \text{رابطه (۱)}$$

جایی که مقدار y برابر ۱ یا -۱ و هر یک بردار حقیقی p - بعدی است. هدف پیدا کردن ابرصفحه جداکننده با بیشترین فاصله از نقاط حاشیه‌ای است که نقاط با $y_i=1$ را از نقاط با $y_i=-1$ جدا کند. هر ابر صفحه می‌تواند به صورت مجموعه‌ای از نقاط X که شرط زیر را ارضا می‌کند نوشت:

$w \cdot x - b = 0$ جایی که علامت ضرب است w بردار نرمال است، که به ابر صفحه عمود است. w و b طوری انتخاب می‌شود که بیشترین فاصله بین ابر صفحه‌های موازی که داده‌ها را از هم جدا کنند، ایجاد شود. این ابر صفحه‌ها با استفاده از رابطه زیر توصیف می‌شوند (Ratcliffe, John & Krawczyk, 2011)

$$w \cdot x - b = 1 \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$w \cdot x - b = -1. \quad \text{رابطه (۳)}$$

اگر داده‌های آموزشی جدایی‌پذیر خطی باشند، می‌توان دو ابر صفحه در حاشیه نقاط به طوری که هیچ نقطه مشترکی نداشته باشند، در نظر گرفت و سپس سعی می‌گردد، فاصله آن‌ها، ماکسیمم شود. با استفاده از هندسه، فاصله این دو صفحه $\frac{2}{\|w\|}$ است. بنابراین باید $\|w\|$ مینیمم شود. برای اینکه از ورود نقاط به حاشیه جلوگیری کنیم، شرایط زیر برای هر i اضافه می‌گردد:

$$\{\displaystyle i\}$$

$$w \cdot x_i - b \geq 1 \quad \text{for } x_i \text{ of the first class} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$w \cdot x_i - b \leq -1 \quad \text{for } x_i \text{ of the second class} \quad \text{یا رابطه (۵)}$$

این می‌تواند به صورت زیر نوشته شود:

$$y_i (w \cdot x_i - b) \geq 1, \quad \text{for all } 1 \leq i \leq n. \quad \text{رابطه (۶)}$$

با کنار هم قرار دادن این دو مسئله بهینه‌سازی به دست می‌آید: **(w, b Minimize (in**

مسئله بهینه‌سازی مشاهده شده در قسمت قبل، مسئله سختی، برای حل کردن است، زیرا به $\|w\|$ وابسته است (نرم w) خوشبختانه می‌توانیم، بدون تغییر در مسئله $\|w\|$ را با $2 \|w\|$ جانشین کنیم (عبارت $\frac{1}{2}$ برای آسودگی در محاسبات ریاضی آورده شده). این یک مسئله بهینه‌سازی (OP) برنامه‌ریزی غیرخطی (QP) است. به طور واضح‌تر: Minimize

$$(\text{in } \{\displaystyle \{\mathbf{w}, b\}\} w, b) c$$

$$i = 1, \dots, n \text{ subject to (for any } \{\displaystyle i=1, \dots, n\} \frac{1}{2} \|w\|^2 \text{ (رابطه ۷))}$$

$$y_i(\mathbf{w} \cdot \mathbf{x}_i - b) \geq 1. \quad \text{رابطه ۸} \quad \{\displaystyle y_{i}(\mathbf{w} \cdot \mathbf{x}_{i} - b) \geq 1.\}$$

می توان عبارت قبل را با استفاده از ضرایب نا منفی لاگرانژ به صورت زیر نوشت که در آن ضرایب لاگرانژ هستند α_i :

$$\min_{\mathbf{w}, b, \alpha} \left\{ \frac{1}{2} \|\mathbf{w}\|^2 - \sum_{i=1}^n \alpha_i [y_i(\mathbf{w} \cdot \mathbf{x}_i - b) - 1] \right\} \quad \text{رابطه ۹}$$

$$\min_{\mathbf{w}, b} \max_{\alpha} \left\{ \frac{1}{2} \|\mathbf{w}\|^2 - \sum_{i=1}^n \alpha_i [y_i(\mathbf{w} \cdot \mathbf{x}_i - b) - 1] \right\} \quad \text{رابطه ۱۰}$$

$$\mathbf{w} = \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i \mathbf{x}_i \quad \text{رابطه ۱۱}$$

$$b = \frac{1}{N_{SV}} \sum_{i=1}^{N_{SV}} (\mathbf{w} \cdot \mathbf{x}_i - y_i) \quad \text{رابطه ۱۲}$$

SVM اساساً یک جداکننده دودویی است. در بخش قبلی پایه های تئوری ماشین های بردار پشتیبان برای دسته بندی دو کلاس تشریح شد. یک تشخیص الگوی چند کلاسی می تواند به وسیله ترکیب ماشین های بردار پشتیبان دو کلاسی حاصل شود. به طور معمول دو دید برای این هدف وجود دارد. یکی از آن ها استراتژی "یک در مقابل همه" برای دسته بندی هر جفت کلاس و کلاس های باقی مانده است. دیگر استراتژی "یک در مقابل یک" برای دسته بندی هر جفت است. در شرایطی که دسته بندی اول به دسته بندی مبهم منجر می شود. برای مسائل چند کلاسی، رهیافت کلی کاهش مسئله چند کلاسی به چندین مسئله دودویی است. هر یک از مسائل با یک جداکننده دودویی حل می شود. سپس خروجی جداکننده های دودویی SVM با هم ترکیب شده و به این ترتیب مسئله چند کلاس حل می شود.

یافته ها

– تعیین قابلیت پیش بینی عوامل مؤثر بر وقوع سیل منطقه مورد مطالعه

ارزیابی خطر سیل بر اساس عوامل مؤثر در آن است. جهت تعیین توانایی پیش بینی عوامل مؤثر بر وقوع سیل روش های متعددی وجود دارد از جمله Chi-squares. در پژوهش حاضر از شاخص (IGR) Information Gain Ratio، جهت تشخیص قابلیت پیش بینی کمی عوامل مؤثر استفاده شد. مقادیر IGR بالاتر نشان دهنده توانایی پیش بینی بالاتر آن عامل مؤثر برای مدل سازی است. جهت شناسایی مهم ترین عوامل مؤثر بر وقوع سیل در منطقه مطالعاتی، از بین هفت عامل مؤثر به کاررفته از آزمون IGR استفاده شده است. اگر F داده های آموزشی با n نمونه ورودی و (Mi, f)n تعداد نمونه ها در داده های آموزشی F متعلق به کلاس Mi می باشد رابطه ۱۳، (راستگو و همکاران، ۱۳۸۹، ۱۴).

$$\text{Info}(F) = - \sum_{i=1}^2 \frac{n(M_i, F)}{|F|} \log_2 \frac{n(M_i, F)}{|F|} \quad \text{رابطه ۱۳}$$

با توجه به عوامل مؤثر بر وقوع سیل مقدار اطلاعات مورد نیاز برای تقسیم F به مجموعه F_1, F_2, \dots, F_m از رابطه ۱۴، برآورد می گردد (راستگو و همکاران، ۱۳۹۸، ۱۴):

$$\text{Info}(F, E) = \sum_{j=1}^m \frac{F_j}{|F|} \text{Info}(F) \quad \text{رابطه ۱۴}$$

شاخص IGR برای یک عامل مؤثر خاص مثل عامل مثل شیب (S) از رابطه ۱۵ محاسبه می‌شود (راستگو و همکاران، ۱۳۹۸، ۱۴):

$$\text{Information Gain Ratio}(F, S) = \frac{\text{Info}(F) - \text{Info}(F, S)}{\text{Split Info}(F, S)} \quad \text{رابطه ۱۵}$$

که در آن Split info نشان‌دهنده اطلاعات تولیدشده توسط تقسیم F داده‌های آموزشی به L زیرمجموعه است که از رابطه ۱۶ محاسبه می‌شود (راستگو و همکاران، ۱۳۹۸، ۱۴):

$$\text{SplitInfo}(F, E) = \sum_{j=1}^l \frac{F_j}{|F|} \log_2 \frac{F_j}{|F|} \quad \text{رابطه ۱۶}$$

بحث و یافته‌ها

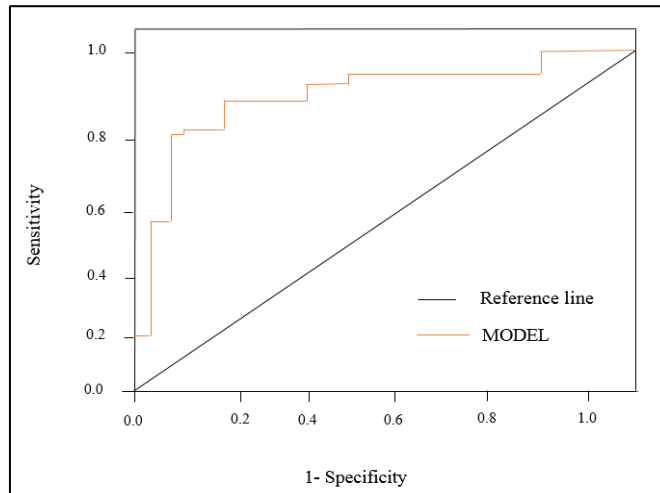
شاخص IGR برای ۷ عامل مؤثر انتخاب‌شده برای وقوع سیل سطحی منطقه مورد مطالعه جهت ارزیابی توانایی پیش‌بینی مدل آمده است. این نتایج بیانگر آن است که بیشترین مقادیر به عامل زمین‌شناسی ۰,۰۲۹ و کمترین مقدار به عامل فاصله از رودخانه ۰,۰۰۸ اختصاص یافته‌اند. با بررسی محدوده مطالعاتی به صورت میدانی مشاهده شد که سازندهایی که محدوده را پوشانده حساسیت بالایی به سیلاب دارند اما رودخانه‌ها در محدوده تراکم کمی داشته که مؤید نتایج پژوهش است. (جدول ۱)

جدول ۱: تعیین مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر وقوع سیل در منطقه مورد مطالعه

عوامل مؤثر	میانگین IGR
زمین‌شناسی	۰,۰۲۹
ارتفاع از سطح دریا	۰,۰۲۶
کاربری اراضی	۰,۰۲۵
شیب	۰,۰۱۹
جهت شیب	۰,۰۱۵
فاصله از جاده	۰,۰۰۹
فاصله از رودخانه	۰,۰۰۸

منحنی ROC مشخصه عملکرد نسبی هر مدل است. منحنی ROC نموداری است که در آن نسبت پیکسل‌هایی که وقوع یا عدم وقوع فرسودگی به وسیله مدل به درستی پیش‌بینی شده روی محور عمودی (مثبت درست یا ۱-Specificity) در برابر مقدار مکمل آن یعنی نسبت پیکسل‌هایی که نادرست پیش‌بینی شده‌اند (مثبت غلط یا Sensitivity) روی محور افقی ترسیم می‌شود. مساحت زیر این منحنی AUC نام داشته و مدلی که بیشترین مقدار AUC را دارا باشد، دارای عملکرد نسبی بالاتری است. AUC برابر با ۰/۵ معادل مدل خنثی بوده، مشخص‌کننده تصادفی بودن مدل بوده و هر چه

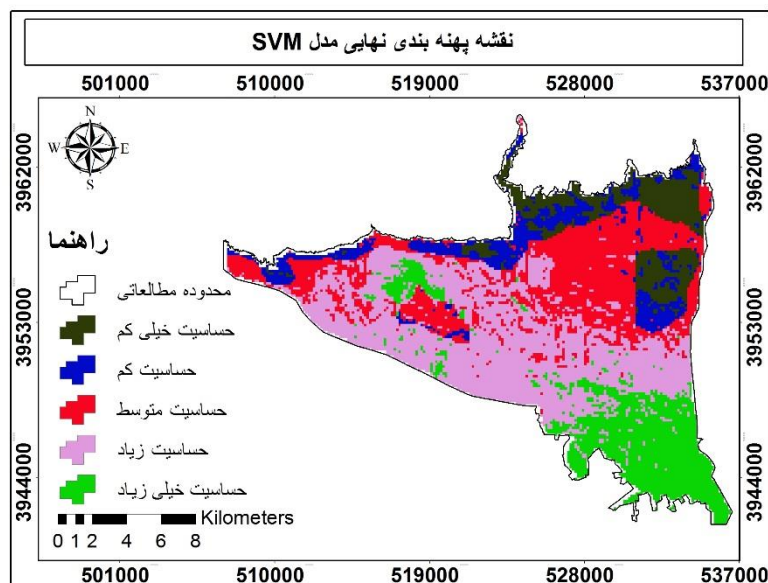
این مقدار به یک نزدیک‌تر شود، کارایی مدل افزایش می‌یابد و مدل به بهترین نحو می‌تواند نقاط وقوع و عدم وقوع فرسودگی را از یکدیگر تفکیک نماید. سطح زیر منحنی بین ۰,۷ تا ۰,۸ بیانگر یک مدل خوب، بین ۰,۸ تا ۰,۹ مدل عالی و سطح زیر منحنی بیش از ۰,۹ نشان‌دهنده قدرت تشخیص بسیار عالی مدل است (شکل ۱۰)



مأخذ: نگارنده

شکل ۱۰: منحنی ROC در مدل موردبررسی

با توجه به مساحت زیر منحنی شکل (۱۰)، ۰,۸۹ که نزدیک به عدد ۱ است و کارایی مدل افزایش بالا و مدل به بهترین نحو توانسته نقاط وقوع و عدم سیلاب را از یکدیگر تفکیک نماید. پس از اعمال وزن‌ها در نقشه‌ها و معیارها، نقشه پهنه‌بندی نهایی با مدل SVM به شکل ۱۱ و جدول ۲ به دست آمد.



شکل ۱۱: نقشه نهایی مدل SVM

جدول ۲: مساحت کلاس‌های نقشه در منطقه مورد مطالعه

مساحت درصد	مساحت هکتار	کلاس
۳,۵۵	۹۰۴,۸۴	حساسیت خیلی کم
۱۰,۳۵	۲۶۳۷,۶۵	حساسیت کم
۲۷,۲۶	۶۹۴۲,۴۹	حساسیت متوسط
۴۰,۶۳	۱۰۳۴۷,۶۳	حساسیت زیاد
۱۸,۱۸	۴۶۳۱,۱۸	حساسیت خیلی زیاد

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که با تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، و عوامل مؤثر بر شرایط سیل‌خیزی و مدل SVM، می‌توان اثر متقابل عوامل مؤثر بر پتانسیل سیل‌خیزی محدوده مطالعاتی را بررسی کرد. (Rohani, H., M. 2015) (Mohseni Saravi and A. Malekian, 2015)، بیان کردند خصوصیات هم‌چون شیب، جهت، ارتفاع به‌طور مستقیم بر رژیم هیدرولوژیکی و به‌طور غیرمستقیم بر آب‌وهوای منطقه تأثیر می‌گذارند. به‌عبارت‌دیگر شرایط فیزیوگرافی و توپوگرافی اثر تعیین‌کننده‌ای بر خصوصیات هیدرولوژیکی و رژیم آبی از جمله میزان تولید آبی سالانه، حجم سیلاب، ضریب رواناب، شدت و ضعف دبی سیلاب‌ها، بیلان آبی، ذوب برف، تغذیه آب‌های زیرزمینی، میزان رسوب تولیدی، شدت فرسایش خاک و هم‌چنین، بر عوامل اقلیمی مانند درجه حرارت و تغییرات آن، نوع و میزان بارش جوی سالیانه، میزان تبخیر و تعرق، اکولوژی و پوشش گیاهی و غیره اثر دارند. لذا همان‌طور که (بیان داشتند، آگاهی از خصوصیات مورفومتریک همراه با داشتن اطلاعات از شرایط آب و هوایی منطقه می‌تواند تصویر نسبتاً دقیقی از کارکرد کمی و کیفی سیستم هیدرولوژیک محدوده مطالعاتی و هم‌چنین، وضعیت حاکم بر آن را از نقطه‌نظرهای مختلف به دست آورد. یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که دقت تکنیک SVM در شناسایی مناطق دارای استعداد سیل محدوده مطالعاتی مناسب می‌باشد. بنابراین استفاده از تکنیک GIS در ارزیابی خطر سیل گرفتگی، مفید و قابل‌اعتماد است که با نتایج مطالعات مطابقت دارد. با توجه به نتایج پژوهش، روش‌های مختلف مثل روش رگرسیون لجستیک، WofE، درخت تصمیم‌گیری در تعامل با تکنیک سنجش‌از‌دور، به‌صورت تلفیقی به‌منظور شناخت مناطق مستعد سیل در مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود تا نتایج حاصل از آن‌ها با اطمینان بیشتری در کارهای مدیریتی و اجرایی مورد استفاده قرار گیرد. علم آینده‌پژوهی به‌عنوان پارادایمی نوین در برنامه‌ریزی بلندمدت و مشارکتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با اتخاذ رویکرد آینده‌پژوهی و با مد نظر قرار دادن پیشران‌های کلیدی به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر، تصمیمات و برنامه‌ریزی‌های مدیریت شهری در راستای کاهش خطر سیلاب و در مسیر هدفمند قرار خواهد گرفت. در این راستا با گرفتن تصمیمات و انجام اقداماتی از جمله تدوین نظارت ساخت‌وسازها، ایجاد پوشش گیاهی و فضای سبز، فراهم کردن زمینه‌های مشارکت

مردم و مدیریت زیرساخت‌ها مانند راه و عدم تغییر مسیل‌ها از مسیر طبیعی خود جهت جلوگیری از تخریب سیل و محیط‌زیست می‌توان زمینه‌ای را برای توسعه هر چه بیشتر شهر فراهم آورد.

منابع

- ۱- احمدی، فرشاد. رادمنش، فریدون. میر عباسی نجف‌آبادی، رسول. (۱۳۹۳): مقایسه روش‌های برنامه‌ریزی در پیش‌بینی جریان روزانه رودخانه. نشریه آب‌و خاک دانشگاه فردوسی مشهد. جلد ۲۸، شماره ۶.
- ۲- حاتمی نژاد، ح. آتش‌افروز، ن. آروین، م. (۱۳۹۶): پهنه‌بندی خطر سیل با استفاده از تحلیل چند معیاره و GIS مطالعه موردی: شهرستان ایذه، فصل‌نامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، دوره ۷، شماره ۲، صص ۴۴-۵۷.
- ۳- حسام، ر. ضرابی، ا. تقوایی، م. (۱۳۹۸): پتانسیل سنجی خطر سیلاب شهری با رویکرد توسعه شهری ایمن شهر گنبدکاووس، فصل‌نامه مدیریت مخاطرات طبیعی، دوره ۶، شماره ۱، صص ۳۲.
- ۴- حسین زاده، محمدمهدی، نصرتی، کاظم، ایمنی، سپیده. (۱۳۹۷): تعیین شماره منحنی و برآورد پتانسیل تولید رواناب حوضه آبخیز حصارک، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال هجدهم، شماره ۵۱، صص ۱۵۰-۱۳۳.
- ۵- راستگو، علی. (۱۳۸۹): نقش اقلیم در بیابان‌زایی منطقه جناح، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد لارستان، استاد راهنما دکتر پرویز کردوانی.
- ۶- راستگو، علی، قنبری، عبدالرسول، انصاری لاری، احمد، (۱۳۹۸): ارزیابی و پتانسیل سنجی خطر وقوع سیل در شهر جناح با استفاده از الگوریتم ماشین پشتیبان بردار SVM، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، سال دوازدهم، شماره ۴۵، صص ۱۰۷-۱۲۵.
- ۷- قنواتی، عزت‌الله، کرم، امیر، آقا علیخانی، مرضیه. (۱۳۹۱): ارزیابی و پهنه‌بندی خطر رخداد سیلاب در حوضه فرحزاد (تهران) با استفاده از مدل فازی، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی سال ۲۳، پیاپی ۴۸، شماره ۴، صص ۱۳۸-۱۲۱.
- ۸- قهرودی تالی، منیژه، درفشی، خهبات، (۱۳۹۴): بررسی آشفستگی در الگوی خطر سیلاب در تهران، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال دوم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، صفحات ۱۶-۱.
- ۹- کریمی فیروز جانی، م. نسانی سامانی، ن. (۱۳۹۷): پهنه‌بندی ریسک‌پذیری سیل با استفاده از روس تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر استدلال شهودی دمپستر شافر در حوزه آبخیز نکا، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۵۰، شماره ۱، صص ۷۴-۱۹۴.
- ۱۰- گودرزی، محمدرضا، فاتحی فر، آتیه. (۱۳۹۸): پهنه‌بندی خطر سیلاب در اثر تغییرات اقلیمی تحت سناریو RCP 8.5 با استفاده از مدل هیدرولوژیکی SWAT در محیط GIS (حوضه آدرشهر چای)، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال نوزدهم، شماره ۵۳، صص ۹۹-۱۱۷.

- 11- Benito, G. (2013): Hazardous Processes: Flooding, Treatise On Geomorphology, No.13, Pp. 243-261.
- 12- Daffara, P. (2011): Rethinking tomorrow's Cities: Emerging Issues On City Foresight. Futures. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2011.05.009>.
- 13- Jamei, E (2016): Review On The Impact Of Urban Geometry And Pedestrianlevel Greening On Outdoor Thermal Comfort, Renewable And Sustainable Energy Reviews, Vol. 54. - Pp. 102-117.
- 14- Kain, C.L. Rigby, E.H. And Mazengarb, C. (2018): A Combined Morphometric, Sedimentary, Gis And Modelling Analysis Of Flooding And Debris Flow Hazard On A Composite Alluvial Fan, Caveside, Tasmania, Sedimentary Geology, Vol. 64, Pp. 286-301.
- 15- Kheyrizadeh, M., J. Maleki And H. Amounia. (2012): Flood Hazard Zoning Using Anp Model In Watershed, Case Study: Mardaghchay Watershed. Quantitative Geomorphological Researches, 3: Pp. 39-56 (In Persian).

- 16- Petit, C.C And E. F, Lambin. (2020): Impact Of Data Integration Technique On Historical Land-Use/Land-Cover Change: Comparing Historical Maps With Remote Sensing Data In The Belgian Ardennes. *Landscape Ecology*.17:117-132.
- 17- Ratcliffe, John & Krawczyk Ela, (2011): Imagineering City Futures: The Use Of Prospective Through Scenarios In Urban Olanning, *Futures*, Pp. 12-14.
- 18- Rohani, H., M. Mohseni Saravi And A. Malekian. (2015): Identify The Most Important Climate And Morphometry Factors Affecting Peak Flow And Preparing Regression Model Of The East And North-East Of Iran. *Journal Of Agricultural Sciences And Natural Resources*, 3: Pp. 99-108 (In Persian).
- 19- Santangelo, N. And Santo, A. (2011): Multiscale Map Analysis In Alluvial Fan Flood-Prone Areas, *Journal Of Maps*, Vol. 12, No. 2, Pp. 382–393.
- 20- Yalcin, A. (2018): Gis-Based Landslide Susceptibility Mapping Using Analytical Hierarchy Process And Bivariate Statistics In Ardesen (Turkey): Comparisons Of Results And Confirmations, *V. 72*, Pp. 1-15.