

## اولویت‌بندی پتانسیل خطر سیل خیزی حوضه آبخیز تالار در محیط GIS

کریم سلیمانی<sup>۱</sup>، فاطمه شکریان<sup>۲\*</sup>، سپیده عبدلی بوژانی<sup>۳</sup>، عارف صابری<sup>۴</sup>

۱. استاد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲. استادیار، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳ و ۴. دانشجوی دکتری مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(تاریخ دریافت ۱۳۹۹/۱۲/۱۲؛ تاریخ تصویب ۱۴۰۰/۰۳/۲۸)

### چکیده

حوضه آبخیز تالار با ویژگی‌های متنوع کاربری اراضی، هیدرولوژی و پوشش گیاهی در استان مازنداران قرار گرفته است که در سال‌های اخیر شاهد وقوع سیلاب‌های مخرب در آن هستیم. در این پژوهش به منظور اولویت‌بندی سیل خیزی زیرحوضه‌های تالار تحت شرایط هیدرولوژیکی و فیزیوگرافی متفاوت با مساحت ۱۸۹۶۱۳/۶ هکتار در کاربری‌های کشاورزی، مسکونی، مرتع و جنگل اقدام شد. ابتدا حوضه را به شش زیرحوضه شامل شیرگاه، کارمزد، دراسله، پل سفید، ارژنگ رودبار و چاشم تقسیم کرده و برای هر زیرحوضه پارامترهای ژئومتری، اقلیمی، نفوذپذیری و فیزیوگرافی مانند مساحت، محیط، طول آبراهه اصلی، طول و شیب حوضه، زمان تمرکز، CN و دبی با استفاده از نرم‌افزار GIS محاسبه شد. زمان تمرکز بر اساس خصوصیات حوضه با روش‌های برانس‌بای و ویلامز، جانسون، پیلگریم-مک-درمات، کریچ، کالیفرنیا، چاو، اسپی، و نتورا بررسی شد که روش برانس‌بای-ویلامز با ۱۹/۲ ساعت مناسب‌ترین روش برای حوضه تالار بود. بر اساس روش SCS سهم هریک از زیرحوضه‌ها در سیل خروجی از کل حوضه تعیین شد. نتایج دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب نشان داد پل سفید با دبی ۳۸۰ مترمکعب بر ثانیه بیشترین دبی را طی دوره آماری ۱۳۶۵-۱۳۹۸ داشته است. زیرحوضه‌ها از نظر مشابهت پتانسیل سیل خیزی، فرسایش، پوشش گیاهی و تأثیرات عملکرد انسانی به سه گروه با پتانسیل سیل خیزی زیاد، متوسط و کم تفکیک شده‌اند. نتایج نشان داد بیشترین مقدار سیل خیزی در هر یک از زیرحوضه‌ها به ترتیب شامل زیرحوضه چاشم با ۲۹/۱۹ درصد، دراسله ۲۳/۲۵ درصد و در نهایت، شیرگاه ۱۶/۷۶ درصد است.

**کلیدواژگان:** استان مازنداران، حوضه آبخیز تالار، روش SCS، زیرحوضه، سیل خیزی.

## مقدمه

سیل از معمول‌ترین و خطرناک‌ترین مخاطرات طبیعی است که هر ساله باعث بروز خسارت‌های جانی و مالی سنگین در سراسر جهان می‌شود [۱-۶]. در مناطق خاصی از جهان، تغییرات آب‌وهوایی، همراه با افزایش جمعیت و افزایش شهرهای ساحلی و حاشیه رودخانه‌ها، تأثیر سیل بر مردم و دارایی‌های اقتصادی را حتی چشمگیرتر کرده است [۷-۹]. سیل به عنوان یک رویداد فاجعه‌بار، تأثیر زیادی بر اکوسیستم‌های طبیعی و انسانی دارد. بزرگی آن تا حدی برای اکوسیستم‌ها نیز مفید است، مانند حذف آلاینده‌ها از نواحی دشت سیلابی، تغذیه مجدد سطح آب زیرزمینی و افزایش کیفیت حاصل‌خیزی خاک [۱۰-۱۳]. فراتر از حد تحمل سیل، شکست عظیمی در زمینه‌های کشاورزی، زندگی انسان، مناطق مسکونی، منابع آب و زیستگاه طبیعی رخ می‌دهد [۱۴ و ۱۵]. با توجه به سوابق دفتر سازمان ملل متحد برای کاهش خطر فاجعه سیل (UNISDR)، طی سال ۱۹۹۶، تعداد تلفات مربوط به حوادث سیل در سراسر جهان، ۰۶۱،۱۵۰ نفر بود که شامل ۱۱/۱ درصد از کل میزان مرگ‌ومیر جهانی است. این میزان ضرر در کشورهای در حال توسعه مانند هند، بنگلادش، سریلانکا و چین بسیار زیاد است. در حوضه‌های آبخیز شناسایی مناطق دارای پتانسیل سیل‌خیزی زیاد، کمک مؤثری در برنامه‌های زیربنایی مربوط به توسعه روستایی، کشاورزی و صنعتی می‌کند [۱۶]. علاوه بر این، آگاهی از وضعیت و شناخت مناطق سیل‌خیز، کمک به برنامه‌ریزی به منظور بهره‌برداری بهینه از منابع طبیعی و کاهش خسارت‌های مالی به بخش‌های مختلف می‌شود. در مطالعاتی که تا کنون برای شناسایی مناطق سیل‌خیز در داخل یک حوضه انجام گرفته است، معمولاً حوضه آبخیز با هر وسعتی به عنوان یک واحد هیدرولوژیک تلقی شده است [۱۷]. به این ترتیب، تعیین مناطق داخل حوضه که پتانسیل بیشتری در تولید سیل دارند، امکان‌پذیر نمی‌شود. بنابراین، عملیات اجرایی و اصلاحی برای پیشگیری و مهار سیلاب در داخل حوضه آبخیز با مشکل مواجه می‌شود. چه بسا در پاره‌ای از موارد اقدامات انجام‌شده تأثیری بر کاهش سیل نداشته است، زیرا کانون‌های تولید سیل و خطرزا در داخل حوضه مشخص نشده است [۱۸]. در راستای برآورد دبی سیل و شناسایی مناطق با پتانسیل تولید رواناب، مدل‌های مختلفی در شبیه‌سازی واکنش حوضه آبخیز در برابر بارش وجود دارد که شامل انواع مدل‌های یکپارچه، نیمه‌توزیعی و

توزیعی هستند. امروزه با دسترسی به تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های نقشه‌ای، امکان شبیه‌سازی پاسخ آبخیز به یک بارش با خصوصیات معین با کمک مدل‌های توزیعی نیز وجود دارد. مدل‌هایی که در آنها توزیع مکانی خصوصیات بارش و حوضه آبخیز لحاظ می‌شود، به مدل‌های هیدرولوژیکی توزیعی معروف هستند [۱۹].

در ارتباط با مطالعات انجام‌شده طی سال‌های اخیر می‌توان به پژوهش شعبانی بازنشین و همکاران (۱۳۹۵)، که به بررسی پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه آبخیز نکا با استفاده از GIS و مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS پرداختند، اشاره کرد. نتایج تحقیق آنها نشان داد سهم زیرحوضه‌ها در پتانسیل سیل‌خیزی کل حوضه فقط تحت تأثیر مساحت آنها نیست و عواملی مانند موقعیت مکانی زیرحوضه‌ها و روندیابی سیل در رودخانه اصلی نیز در رژیم سیلابی حوضه تأثیر قابل توجهی دارند. همچنین، تعیین شاخص شدت سیل‌خیزی به ازای واحد سطح زیرحوضه‌ها در اولویت‌بندی عملیات کنترل سیل به ازای هزینه و امکانات می‌تواند از دیگر شاخص‌ها کارایی بیشتری داشته باشد. در نهایت، زیرحوضه‌هایی که در قسمت‌های میانی حوضه واقع شده‌اند، بیشترین تأثیر را در سیل‌خیزی حوضه دارند [۲۰]. همتی و همکاران (۱۳۹۶) به تعیین شدت سیل و اولویت‌بندی مکانی مناطق با پتانسیل سیل‌خیزی بر اساس روش واکنش سیل واحد با استفاده از مدل هیدرولوژیکی توزیعی (مکانی) مادکلارک<sup>۱</sup> در حوضه آبخیز قرنقو پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد شبکه‌بندی یک کیلومتری را برای تعیین اولویت‌بندی سیل‌خیزی پیشنهاد می‌دهد. با در نظر گرفتن شاخص شدت سیل، زیرحوضه آلمالوچای به عنوان مؤثرترین زیرحوضه در دبی اوج هیدروگراف خروجی شناخته شد [۲۱]. صارمی و همکاران (۱۳۹۷) اقدام به پهنه‌بندی سیل‌خیزی و ارزیابی کارایی کانال‌های رواناب سطحی در حوضه آبخیز شهری بندرعباس کردند. آنها برای این منظور، از فرایند پرومته<sup>۲</sup> استفاده کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد زیرحوضه شیلات و سورو به ترتیب دارای بالاترین و پایین‌ترین رتبه از نظر محدوده سیل‌خیزی هستند و مهم‌ترین فاکتورهای تأثیرگذار بر سیلاب شهری طول و تراکم زهکشی است [۲۲]. عسگری و همکاران (۱۳۹۷) توان سیل‌خیزی در حوضه آبخیز جعفرآباد در استان ایلام را با استفاده از روش آماری تحیل

1. Modclark  
2. Prometeeh

Snyder کردند. نتایج مطالعه آنها نشان داد به ترتیب ۱۲/۸۳ و ۱۶/۹۴ درصد از کل منطقه در معرض خطر سیل خیلی زیاد و زیاد قرار دارند. همچنین، روش هیدروگراف واحد مصنوعی Snyder برای ارزیابی رفتار هیدرولوژیکی و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها به کار گرفته شد که نشان می‌دهد زیرحوضه‌هایی که در گروه خطر زیاد و بسیار زیاد سیل‌خیزی قرار دارند، دارای زمان تأخیر کم و دبی اوج بالا در واحد سطح حوضه آبخیز هستند [۲۸]. سپهر و همکاران (۲۰۱۷) زیرحوضه‌های حوضه آبخیز کشف‌رود در استان خراسان رضوی را با استفاده از الگوریتم ELECTRE-TRI اولویت‌بندی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد زیرحوضه‌های مشهد و طرقله به دلیل مقادیر زیاد زه‌کشی و مقدار کم نسبت انشعاب در این نواحی که هر دو دارای تأثیر بیشتری در پتانسیل سیل‌گیری در مقایسه با عوامل دیگر هستند، خطر سیل‌خیزی زیادی دارند [۲۹]. السادک و همکاران (۲۰۱۸) مناطق در معرض خطر حوضه آبخیز وادی غنا را با استفاده از رویکرد چند روشی ارزیابی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد شش پارامتر تأثیر مستقیمی بر زیرحوضه‌های در معرض خطر سیل شامل زیرحوضه‌های A،  $D$ ،  $L_0$ ،  $S_m$ ،  $R_r$  و  $R_n$  دارند و در نهایت، نقشه ارزیابی کلی که درجه خطر زیرحوضه‌ها را نشان می‌دهد، تهیه کردند [۳۰]. خسروی و همکاران (۲۰۲۰) برای تهیه نقشه حساسیت به سیل ایران از الگوریتم شبکه‌های عصبی یادگیری عمیق (CNN) استفاده کردند. در تحقیق یادشده ۱۰ عامل مؤثر بر جاری شدن سیل، شامل شیب، ارتفاع از سطح دریا، جهت شیب، انحنای طرح، انحنای پروفیل، بارندگی، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از جاده‌ها و فاصله از رودخانه‌ها در فرایند مدل‌سازی سیل شناسایی شد و مورد استفاده قرار گرفت. نتایج پژوهش یادشده نشان داد نقشه حساسیت سیل دارای صحت قابل قبولی حدود ۷۵ درصد است [۳۱]. نگیوین و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از مدل‌سازی هیدرولوژیکی در رودخانه‌ای در ویتنام خطر سیل شهری را تا سال ۲۰۴۰ پیش‌بینی کردند [۳۲]. ماهاتو و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهش خود با استفاده از تکنیک IFV مدل‌های حساس به سیل را شناسایی کردند و به منظور اعتبارسنجی مدل‌های مستعد سیل، نوعی مدل شبیه‌سازی هیدرولوژیکی دوبعدی را توسعه دادند [۳۳]. هدف از انجام پژوهش حاضر، مطالعه سیل‌خیزی در حوضه آبخیز تالار به صورت توزیعی و زیرحوضه‌ای، و مقایسه آنها است که به

عاملی بر پایه GIS بررسی کردند. نتایج مطالعه آنها نشان داد عامل شکل با مقدار ویژه ۱۱/۳۰ مهم‌ترین عامل در سیل‌خیزی حوضه است [۲۳]. غریب و همکاران (۱۳۹۷) روشی را برای تعیین مناطق مولد سیل بر اساس رابطه بین شاخص سیل‌خیزی و پارامترهای مورفومتری ارائه دادند. نتایج مطالعه آنها نشان داد با تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل‌های هیدرولوژیکی می‌توان اثر متقابل عوامل فیزیوگرافیک و اقلیمی را بر پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌های آبخیز بررسی کرد و با در نظر گرفتن هم‌زمانی دبی اوج و نقش روندیابی سیل در رودخانه‌ها، اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها را به شکل مطلوب انجام داد [۲۴]. ندیری (۱۳۹۸) در پژوهشی اقدام به پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی در حوضه آبخیز آیدوغموش با استفاده از منطق فازی AHP-TOPSIS در محیط GIS کرد. نتایج پژوهش ایشان در قالب نقشه پتانسیل سیل‌خیزی است که در پنج طبقه تهیه شد. پهنه با خطر زیاد، ۷/۹۱۵ و پهنه با خطر خیلی زیاد، ۴/۸۸ درصد را به خود اختصاص دادند که بیشترین میزان سیلاب در پایین‌دست حوضه آبخیز که از میزان شیب کاسته می‌شود، رخ داده است [۲۵]. یمانی و عباسی (۱۳۹۹) سیل‌خیزی زیرحوضه‌های آبخیز گادر را بر اساس پارامترهای مورفومتری و همبستگی آماری ارزیابی کردند. در پژوهش یادشده پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها براساس پارامترهای ۱۲ گانه مورفومتری و اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز گادر براساس روش ترکیبی آنالیز مورفومتریک و همبستگی آماری انجام شد. نتایج پژوهش یادشده نشان داد ۳۳/۸۳ درصد از مساحت حوضه گادر دارای پتانسیل خطر زیاد، ۱۴/۲۸ درصد دارای پتانسیل خطر متوسط و ۵۱/۸۸ درصد دارای پتانسیل خطر کم هستند [۲۶]. اسلامی و همکاران (۲۰۱۷) زیرحوضه‌های اولویت‌بندی‌شده از نظر خطر سیل‌خیزی با استفاده از مدل HEC-HMS در حوضه آبخیز اسکندری در ایران را بررسی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد زیرحوضه I اولویت اول سیل‌خیزی را با محاسبه زیرحوضه‌های مستقل و وابسته دارد. سپس، با بررسی زیرحوضه‌های مستقل در دوره بازگشت ۵ و ۱۰ سال، زیرحوضه A و همچنین، در دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ سال، زیرحوضه G اولویت اول سیل‌خیزی را به خود اختصاص دادند [۲۷]. پراسد و پانی (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای اقدام به اولویت‌بندی حوضه‌های آبخیز برای خطر سیل‌خیزی با استفاده از مدل مجموع وزنی و هیدروگراف واحد مصنوعی

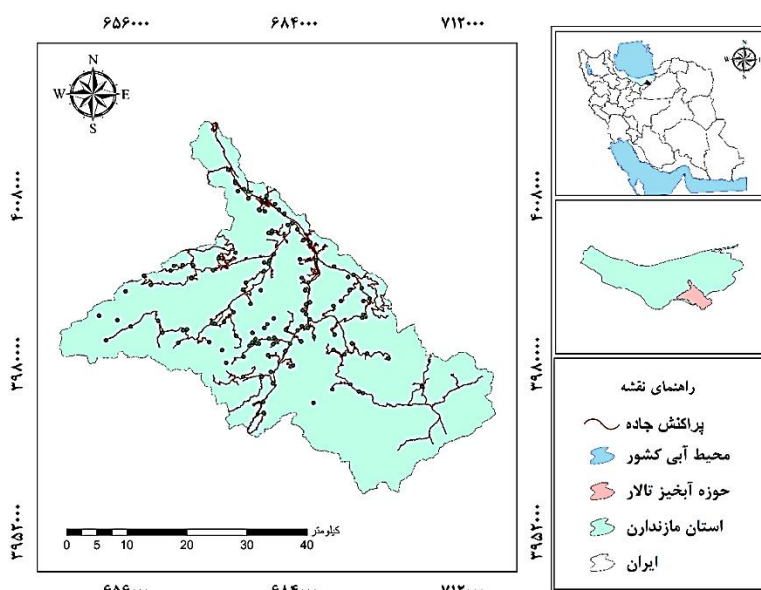
سیستم مختصات جغرافیایی UTMWGS 1984 در زون ۳۹ و حد وسط ۵۲ درجه و ۳۵ دقیقه و ۲۲/۲ ثانیه الی ۵۳ درجه و ۲۳ دقیقه و ۳۴ ثانیه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه و ۲۳/۰۶ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۱۹ دقیقه و ۱/۶ ثانیه عرض شمالی واقع شده و توسط یک رودخانه به نام تالار که امتداد اصلی جنوب به شمال است، زهکش می‌شود و از سرشاخه‌های مهم آن می‌توان به رودخانه‌های سرخ‌آباد، شورآب، کبیر، بزلا، چرات، پالندردبار و شش رودبار اشاره کرد. شکل ۱ موقعیت منطقه مطالعه شده را نشان می‌دهد.

منظور مدیریت مطلوب و کنترل سیل در آینده و جلوگیری از خسارت‌های وارد شده به مناطق مسکونی شهری و روستایی و تأسیسات موجود در حوضه آبخیز انجام گرفته است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مطالعه شده

حوضه آبخیز تالار- شیرگاه یکی از حوضه‌های آبخیز کوهستانی شمال ایران با مساحت ۱۸۹۶/۲۲ کیلومتر مربع واقع در البرز مرکزی و در دو طرف جاده آسفالت فیروزکوه (تهران- قائم‌شهر) واقع شده است. این حوضه آبخیز در

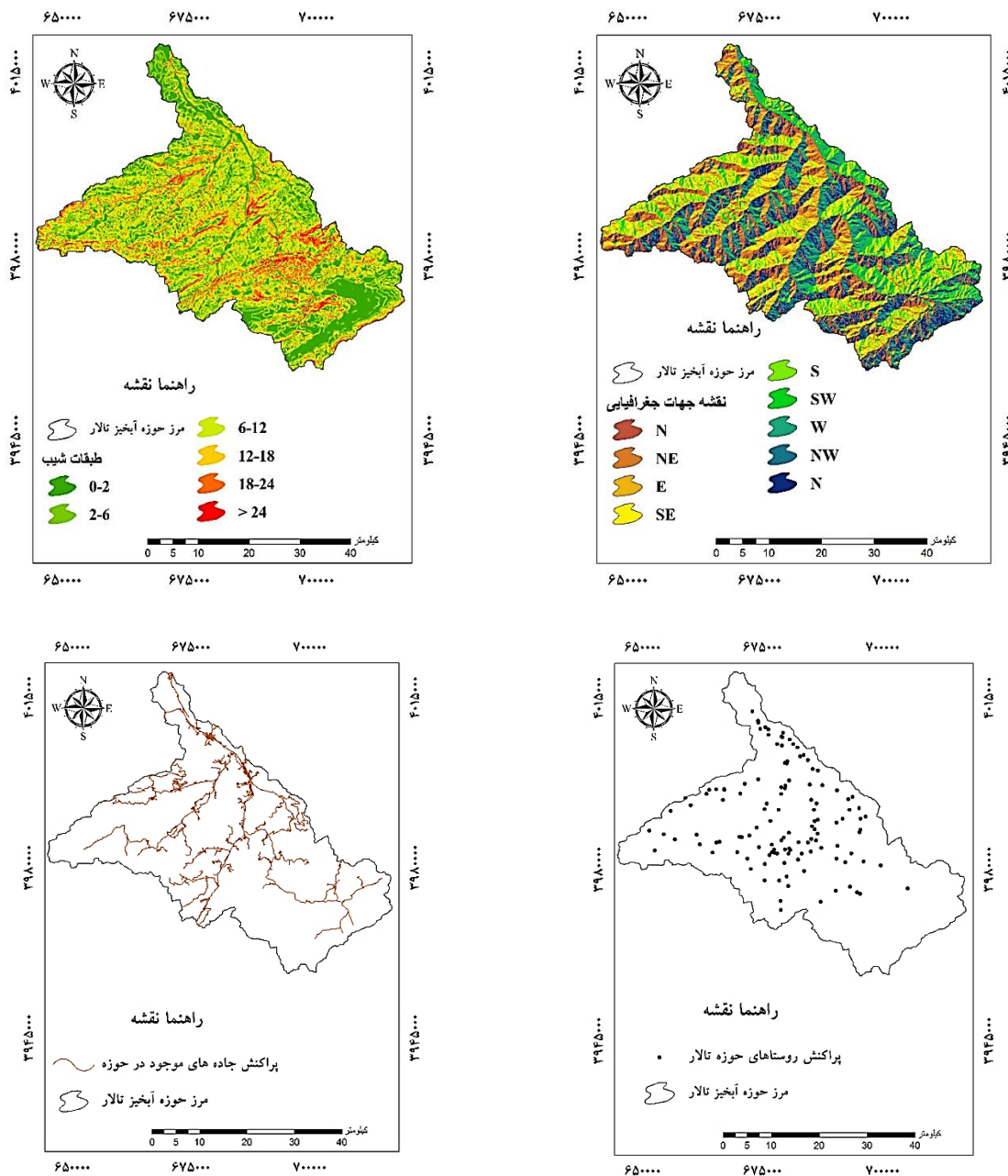


شکل ۱. موقعیت حوضه آبخیز تالار در کشور و استان

کارکرد کمی و کیفی سیستم هیدرولوژیکی آن منطقه را نشان دهد. با تهیه نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور و تطبیق مرز حوضه با آن اقدام به تهیه نقشه شبکه راه‌های ارتباطی، پراکنش آبادی‌ها، طبقات ارتفاعی، کاربری اراضی، شیب و جهت شیب شده است.

## مطالعات فیزیوگرافی

فیزیوگرافی در حقیقت مطالعه خصوصیات فیزیکی و وضعیت مورفولوژی یک منطقه آبخیز است که اثر تعیین‌کننده‌ای بر خصوصیات هیدرولوژی و رژیم آبی آن دارد. آگاهی از خصوصیات فیزیکی یک منطقه با همراه داشتن اطلاعاتی از شرایط آب‌وهوایی منطقه می‌تواند تصویر نسبتاً دقیقی از



شکل ۲. نقشه‌های اولیه حوضه آبخیز تالار

دراسله و حداقل طول آن در کارمزد قرار دارد. کل حوضه آبخیز تالار با مساحت ۱۸۹۶۱۳/۶ هکتار است. ویژگی فیزیوگرافی حوضه آبخیز تالار و هریک از زیرحوضه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

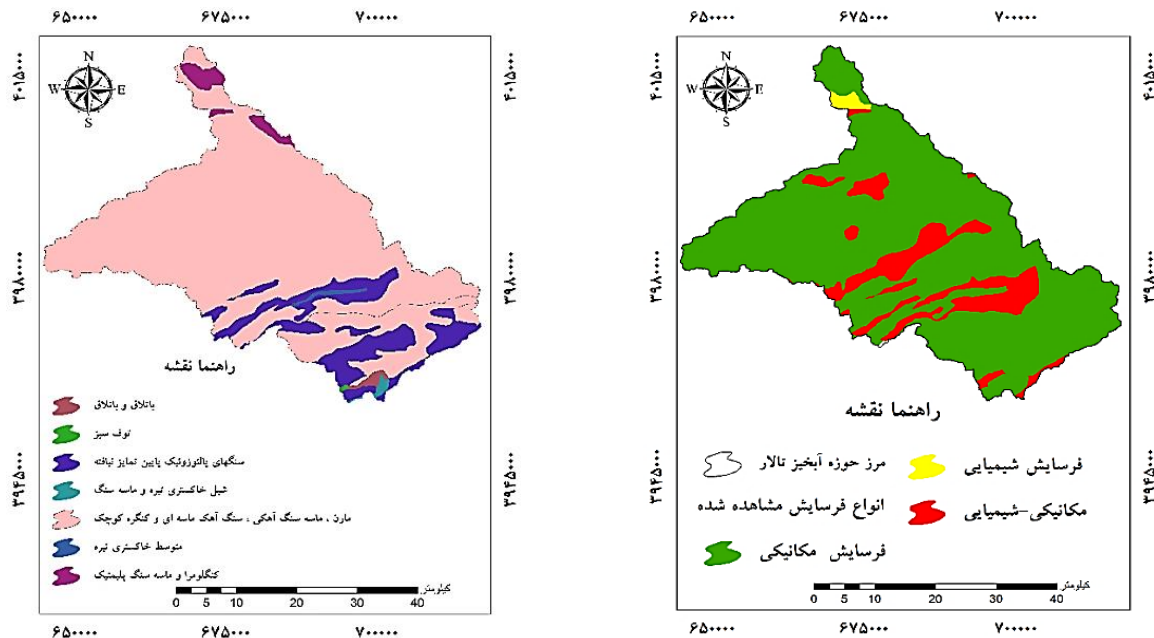
فیزیوگرافی و ویژگی‌های فیزیکی هر حوضه آبخیز تأثیر زیادی بر تعیین وضعیت زمین برای ایجاد رواناب دارند. برای این منظور، ویژگی فیزیوگرافی حوضه آبخیز تالار به صورت زیرحوضه‌ای بررسی شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از وضعیت فیزیوگرافی حداکثر طول آبراهه اصلی در زیرحوضه

جدول ۱. محاسبه پارامترهای مهم فیزیکی به صورت رقمی و به تفکیک زیرحوضه و کل حوضه

واحد هیدرولوژیکی	مساحت (هکتار)	محیط (کیلومتر)	طول (کیلومتر)	طول آبراهه اصلی (کیلومتر)	حداکثر ارتفاع آبراهه	حداقل ارتفاع آبراهه	اختلاف ارتفاع (متر)	حداکثر ارتفاع	حداقل ارتفاع	شیب (درصد)
شیرگاه	۲۴۴۹۳/۳	۸۷/۵۶	۷۵	۳۰	۱۱۸۰/۱۱	۲۶۱/۹۱	۱۶۴۵/۹۳	۱۹۰۷/۸۵	۲۶۱/۹۲	۱۸/۰۶
کارمزد	۳۳۰۰۱	۹۷/۷۵	۸۶	۱۷	۳۳۲۰/۱۹	۶۷۹/۵۸	۳۲۶۷/۷۱	۳۹۴۶/۵۹	۶۷۸/۸۸	۲۹/۴۳
دراسله	۲۵۱۱۱/۵	۷۵/۸۵	۷۲	۵۰	۳۰۹۸/۲۶	۶۷۹/۵۸	۲۶۷۸/۹۱	۳۳۵۸/۶۷	۶۷۹/۷۶	۲۴/۲۳
پل سفید	۱۶۱۱۴/۴	۶۵/۷۱	۴۲	۲۹	۱۶۹۸/۳۲	۶۰۲/۵۴	۱۹۱۵/۷۲	۲۵۱۳/۵۱	۵۹۷/۷۹	۱۷/۱۶
ارژنگ رودبار	۴۱۹۷۹/۲	۱۰۵/۴۷	۸۳	۴۸	۲۸۹۷/۸۶	۸۸۲/۹۹	۲۵۵۵/۴۷	۳۴۳۶/۰۳	۸۸۰/۵۶	۹/۱۵
چاشم	۴۸۹۱۴/۲	۱۰۵/۵۹	۱۰۷	۴۱	۲۹۳۶/۶۲	۱۳۹۰/۰۱	۲۳۱۶/۴	۳۷۰۵/۹۲	۱۳۸۹/۵۲	۱/۴۷
کل حوضه	۱۸۹۶۱۳/۶	۵۳۴/۸۹	۴۶۵	۲۱۵	۴۴۹۶/۶۱	۱۵۱۳/۱۳	۱۴۳۸۰/۱۴	۱۸۸۶۸/۵۷	۴۴۸۸/۴۳	۱۰۰

گسترش سطحی مربوط به پرکامبرین است که به ترتیب ۶۲ و ۰/۰۵ درصد کل حوضه را تشکیل می‌دهند. وجود رسوبات ریزدانه و نرم عاملی در ایجاد فرسایش است. بر اساس نقشه زمین‌شناسی و بررسی‌های میدانی مشخص شد که حوضه آبخیز تالار فرسایش شیمیایی، مکانیکی- شیمیایی و مکانیکی دارد. نقشه زمین‌شناسی و نوع فرسایش حوضه آبخیز تالار در شکل ۳ نشان داده شده است.

حوضه آبخیز تالار در زون تکتونیکی البرز واقع شده است. از دیدگاه زمین‌ریخت‌شناسی، زمین‌ساختی، گستره مطالعه شده از شمال به جنوب، پهنه‌های زمین‌ساختی البرز مرکزی را می‌پوشاند که به واحدها و بخش‌های جداگانه‌ای تقسیم شده است. این حوضه را عموماً سنگ‌های رسوبی دریایی، قاره‌ای، تبخیری و آذرین تشکیل داده‌اند. بیشترین گسترش واحدهای رسوبی مربوط به دوران دوم و کمترین



شکل ۳. نقشه زمین‌شناسی و نوع فرسایش موجود در حوضه تالار

کاربری مسکونی ۱۵۵۲/۹ هکتار، مراتع مرغوب و استپی با درختان پراکنده ۸۱۵۴۳ و جنگل‌های راش و بلوط پهن‌برگ ۷۴۲۳۲ هکتار هستند. نتایج به صورت اطلاعات کلی کاربری اراضی حوضه در شکل ۴ نشان داده شده است.

### کاربری اراضی

بر اساس نقشه کاربری اراضی، منطقه شامل کاربری‌های کشاورزی، مسکونی، مرتع و جنگل است. بر اساس آمار به‌دست‌آمده در حوضه، مساحت کاربری کشاورزی با ۲۲۵۶۰،

### محاسبه زمان تمرکز

زمان تمرکز (TC) با روش‌های مختلف قابل محاسبه است، که در نهایت از بین روش‌های مختلف، روش برانس‌بای- ویلیامز که برای حوضه‌های بیش از ۵۰ مایل مربع استفاده می‌شود، به‌عنوان مناسب‌ترین روش تعیین زمان تمرکز انتخاب شد. معادله‌ای که توسط برانس‌بای<sup>۱</sup> و ویلیامز<sup>۲</sup> برای تعیین زمان تمرکز پیشنهاد شد، به صورت رابطه ۱ است.

$$t_c = \frac{0.96L^{1.2}}{H^{0.2}A^{0.1}} \quad (1)$$

در این فرمول  $t_c$  زمان تمرکز برحسب ساعت، A مساحت حوضه برحسب (km<sup>2</sup>)، L طول مسیر آبراهه اصلی (km) و H اختلاف ارتفاع دو طرف آبراهه اصلی (m) است.

### روش کریچ

یکی از روابط تعیین زمان تمرکز استفاده از روش کریچ است که براساس اطلاعات جمع‌آوری شده از چند حوضه کوچک در آمریکا ارائه شده است (رابطه ۲).

$$T_c = 0.0195L^{0.77}S^{-0.385} \quad (2)$$

که در این رابطه  $T_c$  زمان تمرکز به (min)، L طول آبراهه اصلی (m) و S شیب آبراهه اصلی (m/m) است. این رابطه برای حوضه‌هایی با مساحت ۱ تا ۱۱۲ ایگر و شیب ۳ تا ۱۰ درصد توسعه یافته است. همچنین، این رابطه برای سطوح سیمانی و آسفالت در ۰/۴ و برای کانال‌های سیمانی در ۰/۲ ضرب می‌شود.

### رابطه کالیفرنیا

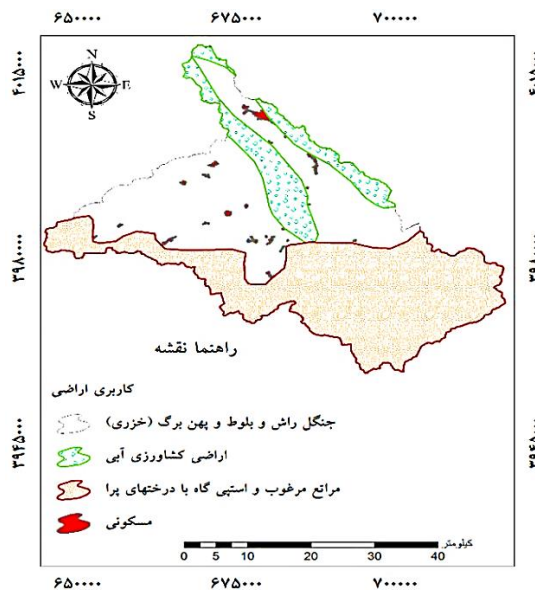
$$T_c = \left(0.885 \frac{L^3}{H}\right)^{0.385} \quad (3)$$

که در این رابطه،  $T_c$  زمان تمرکز (hr)، L طول آبراهه اصلی (km) و H اختلاف ارتفاع بین بلندترین و پایین‌ترین نقطه حوضه به (m) است.

### روش چاو

$$T_c = 0.00032 \frac{L^{1.15}}{H^{0.385}} \quad (4)$$

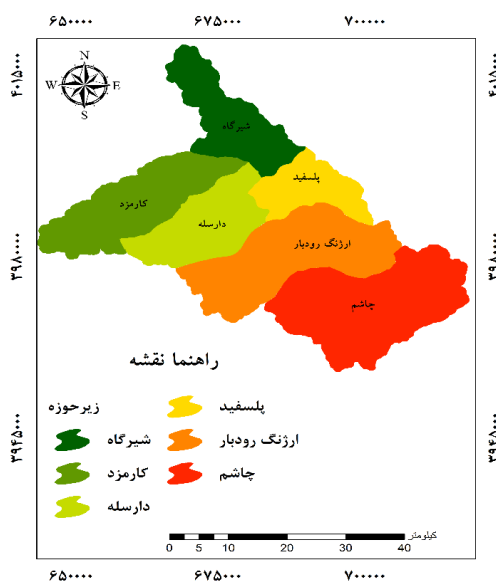
این رابطه برای حوضه‌های شهری کوچک‌تر از ۲ هزار ایگر کاربرد دارد.



شکل ۴. نقشه کاربری اراضی حوضه تالار

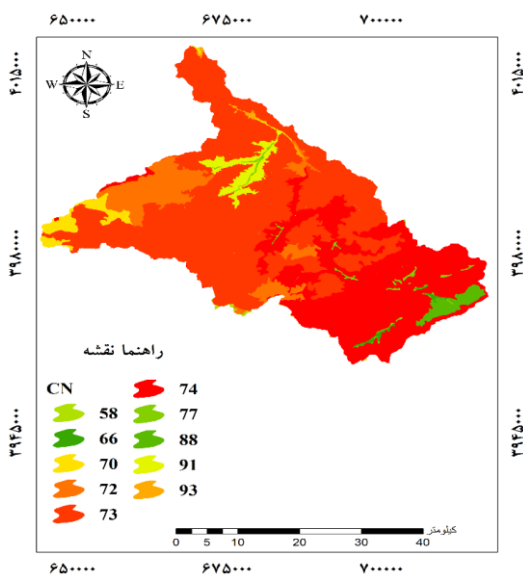
### تقسیم‌بندی حوضه آبخیز مطالعه‌شده به زیرحوضه (مستقل، غیر مستقل و تجمعی)

یکی از مسیرهای تهیه نقشه آبراهه در هر حوضه آبخیز استفاده از نقشه رقومی ارتفاعی (DEM) است. برای این منظور، ابتدا با استفاده از دستورهای هیدرولوژی موجود در محیط GIS نقشه آبراهه و زیرحوضه‌ها ترسیم شد. بر اساس دقت نقشه رقومی و آبراهه‌های به‌دست‌آمده حوضه آبخیز تالار به شش زیرحوضه تقسیم شده و نتایج طبقه‌بندی زیرحوضه‌ها در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵. پراکنش زیرحوضه‌های تالار

ویژگی‌های خاک، کاربری اراضی و خصوصیات هیدرولوژیکی مانند رطوبت پیشین خاک بستگی دارد [۳۵]. مقدار رواناب حوضه آبخیز تالار بر اساس ویژگی‌های یادشده در محیط GIS محاسبه و مقدار آن در شکل ۶ نشان داده شد. بر اساس نقشه به‌دست‌آمده، بیشترین مقدار CN برابر با ۹۳ و کمترین مقدار آن، برابر با ۸۳ است.



شکل ۶. نقشه شماره منحنی حوضه تالار

محاسبه احتمال وقوع بارندگی و دوره بازگشت محادیر بارش یک عامل اصلی بروز سیلاب در هر منطقه است. بنابراین، با بررسی ایستگاه‌های سینوپتیک، باران‌سنجی فعال در منطقه می‌توان مقادیر بارش را طی دوره زمانی مشخص (۱۳۶۵-۱۳۹۸) تعیین کرد. در این بررسی از سه ایستگاه باران‌سنجی استفاده شد.

جدول ۲. حداکثر بارش ۲۴ ساعته با دوره بازگشت در حوضه تالار

دوره بازگشت به سال	حداکثر بارش ۲۴ ساعته	مجموع بارش	رودخانه	ایستگاه
		بر حسب میلی‌متر		
۱۰۵	۸۷	۱۱۹	تالار	پل سفید
۶	۹۲	۹۶	تالار	کیاکلا
۵۶	۱۱۷	۱۳۰/۲	تالار	شیرگاه

$$i = \frac{a}{t+b} \quad (9)$$

$i$  شدت بارندگی (میلی‌متر در ساعت)،  $t$  مدت بارندگی (دقیقه)،  $a$  و  $b$  ضرایبی هستند که به موقعیت جغرافیایی محل بستگی دارند.

روش پیلگریم مک

$$T_c = 0.76A^{0.38} \quad (5)$$

A مساحت حوضه (km<sup>2</sup>)

روش اسپي

$$T_c = 0.081 \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.36} \quad (6)$$

که در آن L طول آبراهه اصلی (m) و S شیب متوسط حوضه به درصد است.

روش جانسون-کراس

$$T_c = 0.087 \left( \frac{L}{S} \right)^{0.5} \quad (7)$$

که در آن L طول آبراهه اصلی (m) و S شیب متوسط حوضه به درصد است.

روش ونتورا

$$T_c = 0.1272 \sqrt{\frac{A}{S}} \quad (8)$$

که در آن A مساحت حوضه (km<sup>2</sup>) و S شیب متوسط حوضه بر حسب درصد است.

برآورد شماره منحنی (CN)

یکی از موارد مهم در علم هیدرولوژی، پیش‌بینی دقیق و تعیین میزان کمی فرایندهای کنترل و هد در زمانی است که رواناب به نقطه خروجی حوضه آبخیز می‌رسد [۳۴]. برای این منظور، مدل‌های مختلف ارائه و استفاده شده است. یکی از روش‌های کاربردی برآورد رواناب، استفاده از روش شماره منحنی (CN) رواناب سازمان حفاظت آب و خاک آمریکا (SCS) است. در این روش برآورد شماره منحنی به

براساس تجارب اندازه‌گیری مدت و شدت بارندگی در ایستگاه‌های مختلف، رابطه بین شدت و مدت بارندگی و بارش‌ها با تداوم بین ۵ تا ۱۲۰ دقیقه از فرم تابع تالوت تبعیت می‌کند (رابطه ۹).



مشخص شد. سپس، مقادیر ماهانه و سالانه طی نمودار و جدول‌هایی همراه با دبی حداکثر لحظه‌ای ارائه شد.

اگر مدت بارندگی بیشتر از ۱۲۰ دقیقه باشد، تابع پیشنهادی به صورت رابطه ۱۰ بیان می‌شود:

$$i = \frac{a}{tb} \quad (10)$$

a و b ضرایب منطقه‌ای هستند که برای هر محل باید تعیین شود.

به‌طور کلی، رابطه بین شدت-مدت بارش در رابطه ۱۳ نشان داده شده است.

$$i = \frac{a}{(t+b)b} \quad (13)$$

### محاسبه دبی

برای محاسبه دبی حداکثر سیلاب از روش SCS استفاده شده است. مقادیر دبی ماهانه، سالانه و فصلی ایستگاه‌های دارای آمار حوضه آبخیز تالار بررسی شد. ابتدا موقعیت ایستگاه‌ها

### یافته‌ها

#### محاسبه زمان تمرکز

بر اساس شرایط هیدرولوژیکی حوضه آبخیز تالار از چندین روش برای تعیین زمان تمرکز استفاده شد. در تحقیق حاضر مناسب‌ترین روش برای تعیین زمان تمرکز حوضه روش برانس‌بای-ویلیامز معرفی شد. در این روش کلیه مسیرهای حرکت آب در حوضه تا خروجی بر اساس اطلاعات ژئومورفولوژیکی مشخص و زمان پیمایش کلیه دامنه‌ها و نهرها در هر مسیر بر اساس روش موج سینماتیکی مشخص می‌شود. مقادیر به‌دست‌آمده زمان تمرکز بر اساس روش‌های مختلف در جدول ۳ ارائه شد.

جدول ۳. تعیین مناسب‌ترین زمان تمرکز حوضه تالار

برانس‌بای-ویلیامز	جانسون	پیلگریم-مک-درمات	کریچ	کالیفرنیا	چاو	اسپی	ونتورا
۱۹/۲	۱۵/۳	۹/۶	۷/۸	۶/۲	۵/۹	۵/۴	۵/۲

ایستگاه پل سفید دبی فصلی شرایط نرمال‌تری را نسبت به ایستگاه شیرگاه دارد. به‌طور کلی، بر اساس نتایج دبی فصلی میانگین حداکثر لحظه‌ای ایستگاه شیرگاه ۲۵/۷۸ مترمکعب بر ثانیه و در ایستگاه پل سفید ۲۸/۵۴ مترمکعب بر ثانیه است، ولی بر اساس میانگین فصلی، ایستگاه شیرگاه مقدار دبی بیشتری دارد.

### برآورد دبی حداکثر سیلاب

در این بخش از مقادیر دبی ماهانه، سالانه و فصلی ایستگاه‌های دارای آمار حوضه آبخیز تالار استفاده شد. ابتدا موقعیت ایستگاه‌های مشخص و سپس، مقادیر ماهانه و سالانه طی نمودار و جدول‌هایی همراه با دبی حداکثر لحظه‌ای ارائه شد. نتایج بررسی نشان داد نوسان‌های دبی ثبت‌شده در ایستگاه‌ها طی ماه‌های مهر تا آذر افزایش و سپس، تا ماه اسفند روند نزولی دارند. ایستگاه شیرگاه دبی بیشتری نسبت به پل سفید دارد. از طرفی، بر اساس نتایج اندازه‌گیری ایستگاه پل سفید با ۳۸۰ مترمکعب بر ثانیه بیشترین دبی جریان را داشته و در ایستگاه شیرگاه دبی جریان ۱۵۵ مترمکعب بر ثانیه بوده است. مقادیر فصلی دبی نیز نشان داد در ایستگاه شیرگاه داده‌های فصلی دبی در بهار مقادیر بیشتری را داشته‌اند. فصل پاییز در مقایسه با سه فصل دیگر مقادیر دبی کمتری را داشته است. در

### تکمیل آمار دبی‌های حداکثر لحظه‌ای

بر اساس شواهد و آمار ثبت‌شده در ایستگاه‌های موجود در داخل سه ایستگاه شیرگاه، پل سفید و قرآن تالار در دوره بازگشت‌های ۲۵ و ۱۸ ساله مقادیر حداکثر دبی لحظه‌ای را ثبت کرده‌اند. جدول ۴ مقادیر ثبت‌شده دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه‌های یادشده را نشان می‌دهد.

جدول ۴. دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه‌های شیرگاه، پل سفید و قرآن تالار

حوضه آبخیز	رودخانه	ایستگاه	دبی پیک $m^3/s$	دوره بازگشت (سال)
تالار	تالار	شیرگاه	۱۵۵	۲۵
	تالار	پل سفید	۳۸۰	۱۸
	تالار	قرآن تالار	۱۲۸	۲۵

تالار، کمترین دبی را طی دوره آماری داشتند.

بر اساس نتایج جدول ۴ پل سفید، بیشترین دبی و قرآن

### طبقه‌بندی زیرحوضه‌ها از نظر شدت سیل خیزی

با تکمیل اطلاعات هیدرولوژیکی و مشخصات حوضه، وضعیت سیل‌خیزی هر یک از زیرحوضه‌ها بررسی شد. با در نظر گرفتن مساحت هر یک از زیرحوضه‌ها، وضعیت نفوذپذیری، توپوگرافی و سایر لایه‌های کاربردی در تعیین مقدار رواناب

وضعیت سیل‌خیزی حوضه به دست آمد. مساحت هر یک از طبقات سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها نیز در جدول ۵ ارائه شده است. بیشترین مقدار سیل‌خیزی در زیرحوضه‌های چاشم با ۲۹/۱۹ درصد، در اسله ۲۳/۲۵ درصد و شیرگاه با ۱۶/۷۶ درصد است.

جدول ۵. نتایج طبقه‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌های تالار

زیرحوضه	مساحت (Km <sup>2</sup> )	طبقات سیل‌خیزی	مساحت طبقات (Km <sup>2</sup> )
شیرگاه	۲۴۴/۹	کم	۱۹۲/۷۶
		متوسط	۱/۱۷
		زیاد	۱۶/۷۶
کارمزد	۳۳۰	خیلی کم	۳۹/۶۶
		کم	۲۴۳/۲
		متوسط	۷/۱
دراسله	۲۵۱/۱	زیاد	۱۲/۹
		کم	۲۱۹/۴۴
		متوسط	۱/۷۷
پل سفید	۱۶۱/۱۴	زیاد	۲۳/۲۵
		کم	۱۳۵/۶
		متوسط	۱۲/۵۲
ارژنگ رودبار	۴۲۵	خیلی کم	۲/۲۴
		کم	۲۴۶/۸
		متوسط	۱۵۰/۹
چاشم	۴۸۹/۱۴	خیلی کم	۶/۳
		کم	۳۱/۵۶
		متوسط	۳۸۳/۴
		زیاد	۲۹/۱۹

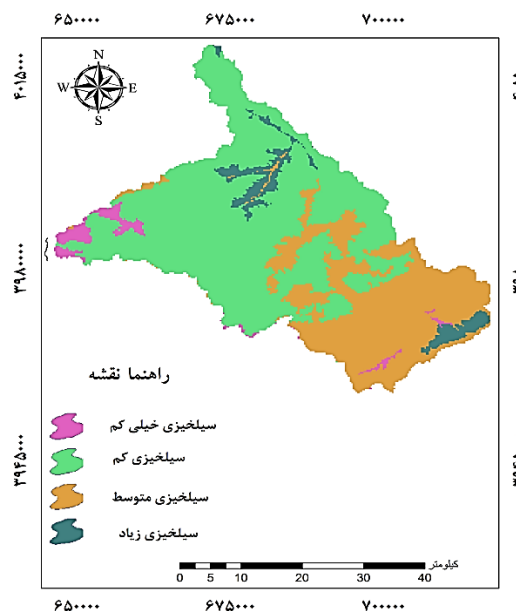
یکی از ویژگی‌های هر یک از زیرحوضه‌ها، وجود مراتع با پوشش گیاهی مناسب است. در این شرایط رواناب کمتری تولید می‌شود و شدت سیل‌خیزی کاهش می‌یابد. به طور کلی، در زیرحوضه‌های شیرگاه و کارمزد بیشتر منطقه دارای مراتع سرسبز و پوشش گیاهی خوب است، با توجه به نتایج به دست آمده سیل‌خیزی در این زیرحوضه کم است. زیرحوضه دراسله نیز دارای مراتع با پوشش گیاهی متوسط است، ولی تغییر کاربری‌ها در بالادست و مناطق مرتعی شرایط نفوذ بارش و تولید رواناب را تغییر می‌دهد. زیرحوضه پل سفید در دو طبقه سیل‌خیزی متوسط و زیاد قرار گرفته است. این

منطقه نیز دارای کاربری‌های مسکونی، کشاورزی و سایر تخریبات صورت گرفته در عرصه طبیعی است. زیرحوضه ارژنگ رودبار و چاشم دارای سیل‌خیزی کم و متوسط به ترتیب با مساحت ۲۴۶/۸ و ۳۸۴/۴ کیلومتر مربع هستند. با مشخص شدن سیل‌خیزی هر یک از زیرحوضه‌ها، پتانسیل تولید رواناب بر اساس پارامترهای شیب، طبقه CN، طبقه میزان بارندگی و طبقه طول جریان نیز به دست آمد. جدول ۶ نتایج طبقات مختلف پتانسیل تولید رواناب را نشان می‌دهد. در شکل ۷ نیز نقشه اولویت‌بندی سیل‌خیزی حوضه آبخیز تالار تهیه شده است.

جدول ۶. درصد مساحت طبقات مختلف پتانسیل تولید رواناب در دوره بازگشت ۵۰ ساله

طبقه شیب (%)	مساحت (%)	طبقه CN	مساحت (%)	طبقه میزان بارندگی (mm)	مساحت (%)	طبقه طول جریان (Km)	مساحت (%)
۰-۱۰	۱۹/۰۳	۴۵-۶۰	۲/۷۴	۰-۵۰۰	۱۳/۹۵	۰-۰	۱۲/۵۶
۱۰-۲۰	۳۵/۴۱	۶۰-۷۰	۶۱/۰۱	۵۰۰-۷۰۰	۲۰/۵۶	۲۵۰۰۰-۵۰۰۰۰	۱۷/۴۲
۲۰-۲۵	۲۸/۰۱	۷۰-۸۰	۳۱/۵۸	۷۰۰-۱۲۰۰	۲۵/۱۱	۵۰۰۰۰-۷۵۰۰۰	۲۴/۷۹
۳۰-۳۵	۱۵/۴۲	۸۰-۹۰	۱/۶۶	۱۲۰۰-۱۵۰۰	۲۶/۵۵	۷۵۰۰۰-۱۰۰۰۰۰	۲۵/۸۳
>۳۵	۲/۱۴	>۹۰	۳/۰۱	>۱۵۰۰	۱۳/۸۲	>۱۰۰۰۰۰	۱۹/۳۹

اوج و نقش روندیابی سیل در رودخانه‌ها، اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها را به شکل مطلوب انجام داد. پارامتر دیگری که باعث تغییر وضعیت و عدم نفوذ بارش می‌شود، وجود سازندهای زمین‌شناسی و بافت خاک است. حوضه آبخیز تالار در زون تکنونیک البرز قرار گرفته است. بیشتر حوضه عموماً از سنگ‌های رسوبی دریایی، قاره‌ای، تبخیری و آذرین تشکیل شده است. فیض‌نیا و همکاران (۱۳۸۲) [۳۶] نقش حساسیت سازندها را با توجه به وضعیت فیزیوگرافی حوضه بررسی شده و نقش پارامترهای فیزیوگرافی در تولید رسوب و سیل را تأیید کردند. تقوی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۷) [۳۷] شیب، سازند و فرسایش‌پذیری را عوامل مهمی در تولید رسوب و رواناب در حوضه آبخیز معرفی کردند که با نتایج به‌دست‌آمده برای حوضه آبخیز تالار ارتباط نزدیکی دارد. در راستای مطالعات هیدرولوژی حوضه آبخیز تالار نتایج مطالعه نشان داد نوسانات دبی ثبت‌شده در ایستگاه‌ها طی ماه‌های مهر تا آذر افزایش و روند صعودی دارند و سپس، تا اسفند کاهش خواهند داشت. ایستگاه شیرگاه دبی بیشتری نسبت به پل سفید دارد. از طرفی، بر اساس نتایج اندازه‌گیری ایستگاه پل سفید با ۳۸۰ مترمکعب بر ثانیه بیشترین دبی جریان را داشته و دبی ایستگاه شیرگاه ۱۵۵ مترمکعب بر ثانیه است. در مطالعه نقشه CN حوضه مشخص شد که در این نقشه کمترین مقدار شماره منحنی (CN)، ۵۸ و بیشترین آن، ۹۳ در زیرحوضه کارمزد واقع شده است، صابری و همکاران (۱۳۹۵) [۳۸] نقش CN در تولید رواناب حوضه آبخیز بالادست رودخانه کهنک دزفول و نقش پارامترهای کاربری اراضی و مورفومتری در تولید رواناب را تأیید کردند. حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۷) [۳۹] در حوضه آبخیز حصارک نشان دادند زیرحوضه با وجود رطوبت پیشین نقش مهمی در تعیین شماره منحنی و تولید رواناب دارد. وجود کاربری اراضی و نوع خاک در تعیین شماره منحنی نقش اساسی دارند. به طور کلی، با مشخص شدن لایه‌های مختلف



شکل ۷. اولویت‌بندی سیل‌خیزی کل حوضه تالار

### بحث و نتیجه‌گیری

شرایط خاص حوضه آبخیز تالار باعث توجه بسیاری به آن شده است. در بخش فیزیوگرافی، نقشه شیب و جهت دامنه محاسبه شد. با توجه به اینکه بین پارامترهای مورفومتری و تعیین سیل‌خیزی حوضه‌های آبخیز ارتباط وجود دارد، بررسی این عوامل با اهمیت است. با بررسی پارامترهای طول آبراهه، شیب و ارتفاع در حوضه آبخیز تالار مشخص شد که مناطق با شیب زیاد، ارتفاع بالا و طولانی بودن مسیر آبراهه وجود دارند که باعث تولید رواناب و در نهایت، سیل در حوضه می‌شوند. نتایج تحقیق عسگری و همکاران (۱۳۹۷) [۲۳] نشان داد پارامترهای آبراهه، شیب و زهکشی بعد از عامل شکل حوضه دارای اولویت برای تعیین سیل‌خیزی حوضه آبخیز جعفرآباد هستند. غریب و همکاران (۱۳۹۷) [۲۴] اذعان داشتند که با تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های هیدرولوژیکی، می‌توان اثر متقابل عوامل فیزیوگرافیک و اقلیمی را بر پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌های آبخیز بررسی شده قرار داد و با در نظر گرفتن هم‌زمانی دبی

- [6]. Elsadek WM, Ibrahim MG, Mahmud WE, Kanae S. Developing an overall assessment map for flood hazard on large area watershed using multi-method approach: case study of Wadi Qena watershed, Egypt. *Natural Hazards*. 2019;95(3): 739-767.
- [7]. Eslami Z, Shojaei S, Hakimzadeh MA. Exploring prioritized sub-basins in terms of flooding risk using HEC\_HMS model in Eskandari catchment, Iran. *Spatial Information Res*. 2017;25(5): 677-684.
- [8]. Feiznia S, Sharifi F, Zare M. Sensitivity of geologic formations to erosion in Chandabe basin of Varamin. *Res & construction*. 2004;61: 33- 38. [Persian].
- [9]. Francesch-Huidobro M, Dabrowski M, Tai Y, Chan F, Stead D. Governance challenges of flood-prone delta cities: Integrating flood risk management and climate change in spatial planning. *Prog. Plann*. 2017;114: 1-27.
- [10]. Garosi Y, Sheklabadi M, Conoscenti C, Pourghasemi HR, Van Oost K. Assessing the performance of GIS-based machine learning models with different accuracy measures for determining susceptibility to gully erosion. *Sci. Total Environ*. 2019;664: 1117-1132.
- [11]. Gharib M, Motamedvaziri B, Ahmadi H. Providing a method for determining the flood producing regions based on the relationship between flooding index and morphometric. *J of Soil and Water Resour Protection*. 2018;7(4): 87-101. [Persian].
- [12]. Guerriero L, Ruzza G, Guadagno FM, Revellino P. Flood hazard mapping incorporating multiple probability models. *J. Hydrol*. 2020;587: 125020.
- [13]. Hemati M, SHahnazi M, Ahmadi H, Salarijazi M. Flood Peak Flow Simulation and Determination of Flood Source Area in the QARANQU Watershed Using Hydrological Mod-Clark Model and GIS. *Iranian J of Irrigation and Water Engineering*. 2017;7(4): 65-80. [Persian].
- [14]. Hoseinzadeh MM, Nosrati K, Imeni S. Determining the number of curves and estimating the runoff production potential of Hesarak watershed. *J of Geographical Sciences*. 2019;18(51): 133-150. [Persian].
- [15]. Jongman B, Hochrainer-Stigler S, Feyen L, Aerts JC, Mechler R, Botzen WW, Bouwer LM, Pflug G, Rojas R, Ward PJ. Increasing stress on disaster-risk finance due to large floods. *Nat. Clim. Change*, 2014;4(4):264-268.
- [16]. Khodayar P. Checking the country's flood situation and problems. *Proceedings*. 2012. [Persian].

در حوضه در نهایت سیل‌خیزی هریک از زیرحوضه‌ها نیز محاسبه شد که با در نظر گرفتن مساحت هریک از زیرحوضه‌ها وضعیت سیل‌خیزی با توجه به وضعیت نفوذپذیری، توپوگرافی و سایر لایه‌های کاربردی در تعیین مقدار رواناب و ایجاد سیل به دست آمد و شدت سیل‌خیزی حوضه در طبقه کم تا متوسط قرار گرفت. نتایج تحقیق با نتایج پژوهش حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۷) [۳۹] که نقش کاربری اراضی و سایر پارامترهای مورفومتری را در تولید رواناب ارتباط مؤثر دانستند، انطباق دارد. شعبانی بازنشین و همکاران (۱۳۹۵) [۲۰] در بررسی‌هایشان عوامل موجود در حوضه از جمله مساحت و موقعیت مکانی زیرحوضه‌ها را در روندیابی سیل و رژیم رودخانه مؤثر دانستند. زهتابیان و همکاران (۱۳۸۸) [۴۰] بیان داشتند که سهم زیرحوضه‌ها در پتانسیل سیل‌خیزی کل حوضه، فقط تحت تأثیر مساحت آنها نیست و عواملی همچون موقعیت مکانی زیرحوضه‌ها و روندیابی سیل در رودخانه اصلی نیز در رژیم سیلابی حوضه تأثیر زیادی دارند. زارعیان و همکاران (۱۳۹۴) [۴۱] نیز نشان دادند که سه عامل شیب، ارتفاع از سطح دریا و حداکثر بارش ۲۴ ساعت بیشترین تأثیر را بر وقوع سیل می‌توانند داشته باشند.

#### منابع

- [1]. Asgari Sh, Safari A, Fathi H. Investigation of flooding in Jafarabad catchment using factor analysis. *J of Applied Res in Geographical Sciences*. 2018;18(50): 77-90. [Persian].
- [2]. Azamirad M, Ghahraman B, Esmaili K. Investigation Flooding Potential in The Kashafrud watershed, Mashhad The Method SCS and GIS. *J of Watershed Management*. 2018;9(17):38-26. [Persian].
- [3]. Bellos V, Papageorgaki I, Kourtis I, Vangelis H, Kalogiros I, Tsakiris G. Reconstruction of a flash flood event using a 2D hydrodynamic model under spatial and temporal variability of storm. *Nat. Hazards*. 2020;101: 711-726.
- [4]. Bracken LJ, Oughton EA, Donaldson A, Cook B, Forrester J, Spray C, Cinderby S, Passmore D, Bissett N. Flood risk management, an approach to managing cross-border hazards. *Nat. Hazards*. 2016;82: 217-240.
- [5]. Cristofor S, Vadineanu A, Ignat G. Importance of flood zones for nitrogen and phosphorus dynamics in the Danube Delta. *Hydrobiologia*. 1993;251(1-3): 143-148.

- watershed upstream of Kahnak Dezful river using remote sensing and ArcCN-Runoff tools in GIS environment. Nat Geomatics Conference. 2016;23: 25. [Persian].
- [29]. Saghafian B, Ghermezcheshmeh B, Kheirkhah MM. Iso-Flood severity mapping: a New Tools for Distributed Flood Source Identification. Natural Hazards. 2010;55(2): 557-570.
- [30]. Saremi N, Bazrafshan O, Esmaelpour Y, Souri M. Flood Zoning and Assessment of Surface Runoff Channels Efficiency in Bandar- Abbas Urban Watershed. J of Iran-Watershed Management Science & Engineering. 2018;12(42): 42-51. [Persian].
- [31]. Sepehr A, Abdollahi A, Mohammadian A, Nejad MP. Prioritization of Kashafud sub-basins in terms of flooding sensitivity based on ELECTRE-TRI Algorithm. Universal J of Geoscience. 2017;5(4): 83-90.
- [32]. Servati MR, Ahmadi M, Nosrati K, Mazbani M. Zoning potential of flooding Sarab Darrehshahr watershed. J of Geography. 2013;11(36): 56-76. [Persian].
- [33]. Shaabani Bazneshin A, Emadi A, Fazloul R. Investigation the Flooding Potential of Basins and Determination Flood Producing Areas (Case Study: NEKA Basin). J of Watershed Management Res. 2016;7(14): 20-28. [Persian].
- [34]. Svetlana D, Radovan D, Jan D. The economic impact of floods and their importance in different regions of the World with emphasis on Europe. Procedia Econ. Financ. 2015;34: 649-655.
- [35]. Taghavi Moghadam A, Bahrami SH, Zangane Asadi MA, Mokhtari L. Quantitative Analysis of the Basin Components and its Role in the Rate of Annual Sediment Yield (17 Basins in North East Iran). J of Geography & Environmental Planning. 2018;29(3):147-172. [Persian].
- [36]. Wang Y, Chen AS, Fu G, Djordjević S, Zhang C, Savić DA. An integrated framework for high-resolution urban flood modelling considering multiple information sources and urban features. Environ. Model. Softw. 2018;107: 85-95.
- [37]. Wu Q, Zhao Z, Liu L, Granger DE, Wang H, Cohen DJ, Wu X, Ye M, Bar-Yosef O, Lu B, Zhang J. Response to Comments on “Outburst flood at 1920 BCE supports historicity of China’s Great Flood and the Xia dynasty”. Science. 2017;355(6332): 1382.
- [38]. Yamani M, Abbasi M. Evaluation of Flooding below Gadar Catchments based on Morphometric Parameters and Statistical Correlation. J of Land Management. 2020;12(1): 205-224. [Persian].
- [17]. Khosravi K, Panahi M, Golkarian A, Keesstra SD, Saco PM, Bui DT, Lee S. Convolutional neural network approach for spatial prediction of flood hazard at national scale of Iran. J of Hydrology. 2020;591: 125552.
- [18]. Klaus S, Kreibich H, Merz B, Kuhlmann B, Schröter K. Large-scale, seasonal flood risk analysis for agricultural crops in Germany. Environ. Earth Sci. 2016;75 (18): 1289.
- [19]. Lyubimova T, Lepikhin A, Parshakova Y, Tiunov A. The risk of river pollution due to washout from contaminated floodplain water bodies during periods of high magnitude floods. J. Hydrol. 2016;534: 579-589.
- [20]. Mahato S, Pal S, Talukdar S, Saha TK, Mandal P. Field based index of flood vulnerability (IFV): A new validation technique for flood susceptible models. Geoscience Frontiers. 2021;12(5): 101175.
- [21]. Milanesi L, Pilotti M, Bacchi B. Using web-based observations to identify thresholds of a person’s stability in a flow. Water Resour. Res. 2016;52: 7793-7805.
- [22]. Mishra SK, Tyagi JV, Singh VP, Singh R. SCS-CN-based modeling of sediment yield. J of Hydrology. 2006;324: 301-322.
- [23]. Nadiri M. Flood risk zoning using AHP-TOPSIS fuzzy logic in GIS environment (Case study of Aidoghmarsh watershed). J of Geography (Regional Planning). 2019;9(3): 293-306. [Persian].
- [24]. Nguyen HD, Fox D, Dang DK, Pham LT, Viet Du QV, Nguyen THT, Petrisor AI. Predicting Future Urban Flood Risk Using Land Change and Hydraulic Modeling in a River Watershed in the Central Province of Vietnam. Remote Sensing. 2021;13(2): 262.
- [25]. Percival S, Teeuw R. A methodology for urban micro-scale coastal flood vulnerability and risk assessment and mapping. Nat. Hazards. 2019;97: 355-377.
- [26]. Prasad RN, Pani P. Geo-hydrological analysis and sub watershed prioritization for flash flood risk using weighted sum model and Snyder’s synthetic unit hydrograph. Modeling Earth Systems and Environment. 2017;3(4): 1491-1502.
- [27]. Qodsian M. Flood Control and Drainage Engineering, (Translated) Tarbiat Modares University Press, Office of Science Publication, First Edition. 1998. [Persian].
- [28]. Saberi A, Delfan H, Rangzan K, Kabolizadeh M. Estimation of runoff height and volume of

- flood potential in sub-watersheds and determining flood-producing areas in it (Case study: Ma-Rameh watershed - Fars province). *J of Natural Geography*. 2010;2(6):1-13. [Persian].
- [41]. Zhang G, Feng G, Li X, Xie C, Pi X. Flood effect on groundwater recharge on a typical silt loam soil. *Water*. 2017;9 (7): 523.
- [39]. Zareian Sh, Esmali ouri A, Ahmadzade Gh, Mesri T. Zoning the flood potential of Namin watershed using a hierarchical preparation process. *International Development Conf focusing on agriculture, environment & tourism*. Tabriz. 2016. [Persian].
- [40]. Zehtabian Gh, Ghodosi J, Ahmadi H, Khalilizadeh M. Investigating the priority of