

که مربوط به کاربری جنگل می‌باشد.  
واژه‌های کلیدی: ضریب رواناب، سیل‌خیزی، حوضه لتیان،  
سامانه اطلاعات جغرافیایی

#### مقدمه

بررسی دقیق مجموعه عوامل مؤثر بر تخریب محیط زیست نشان می‌دهد که دخالت انسان در چرخه طبیعی آب از طریق تخریب پوشش گیاهی در عرصه‌های آبخیز، تغییر کاربری اراضی، توسعه سطوح غیر قابل نفوذ و امثال آن احتمال سیل‌خیزی در مناطق گوناگون را افزایش داده است. سیل سالانه به طور میانگین جان ۲۶۰۰۰ نفر انسان را در سطح دنیا گرفته و بر زندگی ۷۵ میلیون دیگر اثر سوء اقتصادی زیادی برجا می‌گذارد [۱۲].

عوامل گوناگونی در جاری شدن سیل دخالت دارند که از جمله آن: شدت بارندگی، شیب حوضه، نفوذ پذیری زمین، شرایط پستی و بلندی، ویژگی‌های پوشش گیاهی و درجه اشباع بودن خاک (رطوبت اولیه خاک) را می‌توان به عنوان عوامل مؤثر جاری شدن سیلاب نام برد. البته امروزه به دلیل دخالت‌های انسانی، سیل‌خیزی حوضه‌ها افزایش یافته و به طور عمده موجب افزایش دبی پیک آبنمود و بزرگی سیلاب شده است.

ضریب رواناب یعنی نسبتی از بارش که در سطح زمین جاری می‌شود بدون در نظر گرفتن رطوبت قبلی خاک و می‌تواند برای یک رگبار یا یک دوره به عنوان مثال سالانه تعریف شود. طول دوره بر مقدار این ضریب بطور جدی تأثیر دارد بطوری‌که ضرایب رواناب سالانه یک حوضه یا عرصه عددی کوچکتر نسبت به ضریب رواناب یک رگبار آن حوضه یا عرصه دارد چرا که ضریب رواناب مربوط به یک رگبار بطور عمده‌ای متأثر از رطوبت قبلی خاک می‌باشد. مطابق دستورالعمل مدل Wetspa ضریب روانابی که فقط بر اساس سه عامل شیب، خاک و کاربری اراضی محاسبه شده است ضریب رواناب بالقوه نامیده می‌شود [۹، ۱۰، ۱۳]. اما این ضریب رواناب بالقوه با تغییر رطوبت خاک تغییر می‌کند بطوری‌که در اراضی مرطوب ضریب رواناب بزرگتر از اراضی خشک است که می‌توان آن را ضریب رواناب واقعی نامید. در مدل‌هایی مانند Wetspa که یک مدل آب شناختی توزیعی است ضریب رواناب واقعی از روی ضریب رواناب بالقوه و با اضافه کردن یک ترم مرتبط با رطوبت خاک به معادله محاسبه کننده ضریب رواناب و رواناب سطحی بدست می‌آید [۲ و ۹].

روش‌های تجربی و غیر مستقیم زیادی برای برآورد ضریب

#### بررسی توزیع مکانی توان سیل‌خیزی حوزه آبخیز لتیان مبتنی بر تحلیل نقشه ضریب رواناب

عبدالرضا بهره مند<sup>۱</sup> و عمران محمودی<sup>۲</sup>  
تاریخ دریافت: ۹۰/۰۳/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۸/۲۲

#### چکیده

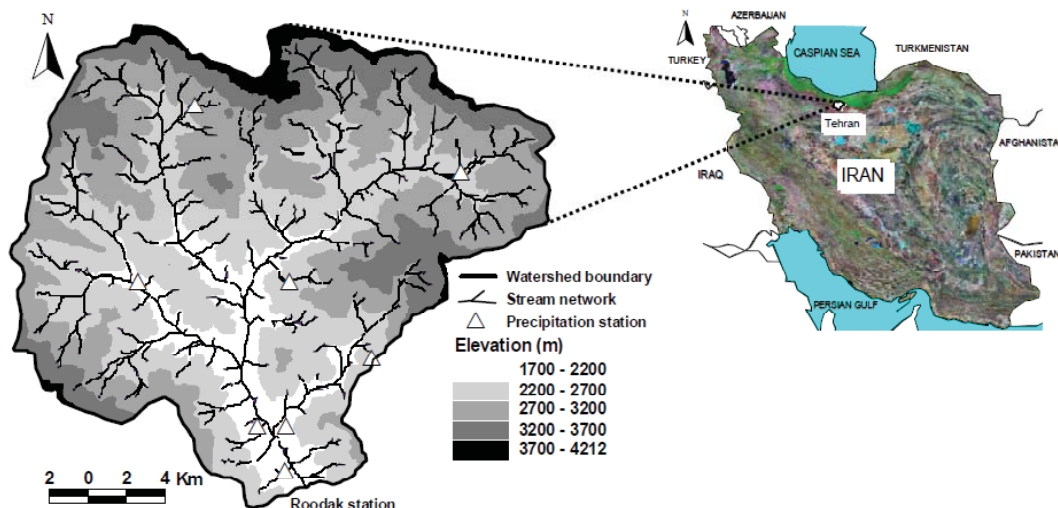
در این مقاله توزیع مکانی توان سیل‌خیزی و تولید رواناب در حوزه آبخیز سد لتیان بدون در نظر گرفتن ویژگی‌هایی که در قالب یک حوضه مفهوم پیدا می‌کنند (مانند شکل حوضه) بررسی و بصورت نقشه ضریب رواناب بالقوه ارایه شده است. شاید بتوان گفت که بهترین نمایانه معرف وضعیت سیل‌خیزی و توان تولید رواناب و سیل حوضه، ضریب رواناب می‌باشد. ضریب رواناب بدون در نظر گرفتن تأثیر رطوبت خاک را می‌توان ضریب رواناب بالقوه یک عرصه نامید، که بر اساس وضعیت کاربری، پوشش زمین، خاک و شیب عرصه تعیین می‌گردد. لذا با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، اطلاعات لازم و اساسی مربوط به بدست آوردن ضریب رواناب در حوزه آبخیز لتیان پردازش و تلفیق گردید، سپس برای تعیین ضریب رواناب در این مطالعه از جداول موجود در منابع معتبر از جمله کرکبای و چو استفاده شد. به نظر می‌رسد ضریب روانابی که بر اساس سه نقشه شیب، خاک و کاربری تهیه می‌شود دارای عامل‌های اصلی و مؤثر بر سیل‌خیزی است، لذا می‌توان به نوعی نقشه ضریب رواناب بالقوه را یک نقشه پایه و اولیه برای نقشه سیل‌خیزی منطقه در نظر گرفت. هدف از این مطالعه بررسی سیل‌خیزی بر اساس نقشه ضریب رواناب حوزه آبخیز لتیان می‌باشد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که حوزه آبخیز مورد مطالعه به دلیل بالا بودن شیب در بیش از ۱۹ درصد از مساحت منطقه، ضریب رواناب بیش از ۶۰ درصد بوده و از توان سیل‌خیزی بالایی برخوردار می‌باشد. حداکثر ضریب رواناب بالقوه در حوضه ۰/۹۸ که مربوط به مناطق مسکونی حوضه و حداقل مقدار آن ۰/۱ برآورد گردید

۱- نویسنده مسئول و دانشیار دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

Email: abdolreza.bahremand@yahoo.com

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

Email: emranmahmoodi@yahoo.com



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

این مقاله (برگرفته از جداول چو<sup>۱</sup>، کرکبی<sup>۲</sup>، براون<sup>۳</sup> و فتر<sup>۴</sup>) بدست آورد که می‌تواند عامل مناسبی در تحلیل توان سیل‌خیزی منطقه به شمار رود.

این پژوهش با هدف تحلیل سیل‌خیزی حوضه لتیان بر اساس نقشه ضریب رواناب محاسبه شده، انجام شد.

## مواد و روش‌ها

### ۱ - منطقه مورد مطالعه

حوضه رودخانه جاجرود در قسمت جنوبی رشته کوه البرز مرکزی است که در بخش شمالی ایران واقع شده است. سطح حوضه تا محل ایستگاه آب‌سنجی رودک واقع در ورودی مخزن سد لتیان ۴۳۵/۳ کیلومتر مربع می‌باشد. شیب متوسط حوضه ۴۵/۶ درصد می‌باشد. طول رودخانه جاجرود از ارتفاع ۴۳۲۵ متری خلنوی کوچک و قله ۴۱۵۶ متری خورتوئک (کلون بسته کوچک) تا دیواره سد لتیان در ارتفاع ۱۶۰۰ متری، حدود ۴۲ کیلومتر است. که از این مسافت ۳۰ کیلومتر در رودبارقصران و ۱۲ کیلومتر جنوب شهر لوسان قرار دارد. شیب متوسط رودخانه ۷/۷ درصد و اختلاف ارتفاع سرچشمه تا سد حدود ۲۷۰۰ متر است، (اختلاف سطح آن تا دریاچه نمک بیش از ۳۲۰۰ متر است). دبی متوسط سالانه آب در ایستگاه لتیان ۶/۶۱ مترمکعب در ثانیه و حداکثر میانگین سالانه ۲۱/۸ و حداقل میانگین سالانه ۳/۲ و حداقل میانگین ماهانه در آبان ۰/۱۳ و بالاخره حداکثر دبی لحظه‌ای آن در ایستگاه روداک ۰/۶ متر مکعب در ثانیه اندازه‌گیری شده است [۱۵]. شکل (۱) موقعیت مورد مطالعه و ایستگاه‌های بارش را نشان می‌دهد.

رواناب و تعیین دبی پیک در حوزه آبخیز وجود دارد که هر کدام با توجه به عامل‌های مورد نیاز توسعه یافته اند. امروزه برآورد رواناب و دبی سیل حاصل از رگبارها، بویژه در حوضه‌های آبخیز کوچک و فاقد آمار، از اصلی‌ترین فعالیت‌های متخصصین آب‌شناختی‌ها بوده و برآورد حجم رواناب حاصل از بارندگی به منظور پیشگیری از وقوع سیلاب از اهمیت زیادی برخوردار است [۱]. شاید مشهورترین و در عین حال یکی از قدیمی‌ترین روش‌های محاسبه سیلاب روش استدلالی در برآورد پیک جریان حوضه باشد که عامل کلیدی فرمول این روش ضریب رواناب (C) می‌باشد. در این روش ضریب رواناب از جدولی مشابه جدول ۱ بر پایه شیب، کاربری و تیپ خاک تعیین می‌گردد [۷ و ۱۱]. این ضریب امروزه به عنوان بخش کلیدی و محوری محاسبه بارش مازاد و رواناب در بعضی مدل‌های پیشرفته توزیعی آب‌شناختی مانند WetSpa می‌باشد. در مدل WetSpa ضریب رواناب بالقوه با استفاده از نقشه‌های شیب، کاربری و تیپ خاک با جداول موجود در منابع متعدد چو [۴]، کرکبی [۸] و براون [۳] بصورت توزیعی مکانی محاسبه می‌شود و سپس در زمان اجرای مدل برای شبیه‌سازی آبنمود در هر گام زمانی بر اساس میزان رطوبت خاک این ضریب به مقدار ضریب رواناب واقعی تبدیل می‌گردد. بهره‌مند [۲]. و لیو و دی‌اسمیت [۱۰]. شاید بتوان گفت نمایانه ضریب رواناب بالقوه می‌تواند به عنوان بهترین شاخص معرف وضعیت توان سیل‌خیزی و توان تولید رواناب و سیل یک عرصه باشد بهره‌مند [۲]. یکی از راه‌های بدست آوردن ضریب رواناب بالقوه استفاده از نقشه کاربری، خاک و شیب حوضه و تلفیق آنها در نرم افزار GIS می‌باشد که در نهایت بر اساس این عامل‌ها می‌توان نمایانه مورد نظر را از جدول چو و یا جدول ترکیبی

1- Chow  
2- Kirkby  
3- Browne  
4- Fetter

## ۲- داده‌ها و روش پژوهش

جهت انجام این پژوهش به سه نقشه کاربری اراضی، نقشه خاک و نقشه شیب حوضه نیاز می‌باشد که بعد از تلفیق این سه نقشه به گونه‌ای که در بخش‌های بعدی شرح داده می‌شود نقشه ضریب رواناب تهیه می‌شود.

نقشه تپ خاک‌های موجود در منطقه را نشان می‌دهد. و چهار تپ مختلف خاک موجود در منطقه براساس کلاس‌بندی آمریکایی تپ‌های خاک و همچنین مطابق با جدول ضریب رواناب بالقوه عبارتند از رسی-لومی، شنی-لومی، رسی، سیلتی-لومی و شنی لومی.

## ۲-۳ نقشه شیب

نقشه شیب حوضه از روی نقشه DEM حوضه و به کمک Extention های GIS تهیه گردید (شکل ۴). سپس به چهار کلاس شیب برای استفاده از جدول چو طبقه‌بندی شد. که طبقات مذکور شامل شیب‌های کمتر از ۵/۵، ۵-۱۰، ۱۰-۵ و بیشتر از ۱۰ درصد در نظر گرفته شد.

## ۲-۴ روش تعیین ضریب رواناب بالقوه

### ۲-۴-۱ جدول مورد استفاده

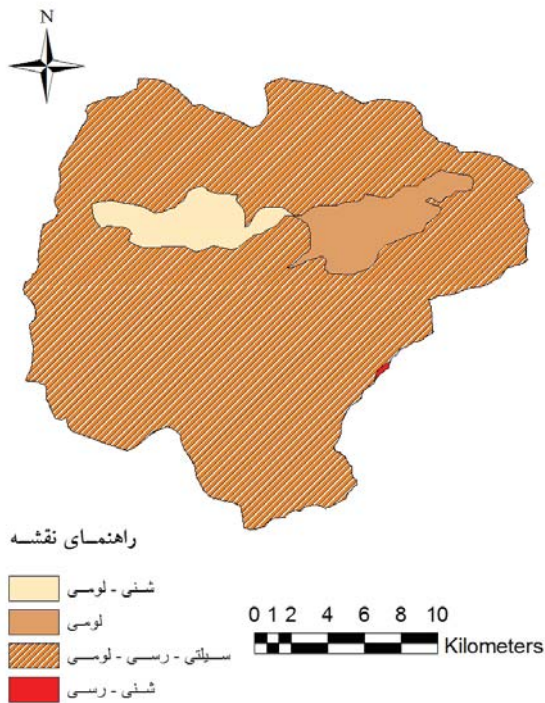
در مدل WetSpa ضریب رواناب بالقوه با استفاده از نقشه‌های شیب، کاربری و تپ خاک با جداول موجود در منابع متعدد (چو، کرباب و براون) بصورت توزیعی مکانی (نقشه) محاسبه می‌شود. در این پژوهش نیز با روش مورد استفاده در این مدل ضریب رواناب بالقوه با استفاده از جدول ترکیبی این مدل محاسبه می‌گردد (دستورالعمل مدل WetSpa لیو و دی اسمت). جدول (۱) جدول ضریب رواناب بالقوه در این مقاله می‌باشد، که مشابه جدول معروف چو در تعیین C در فرمول استدلالی می‌باشد.

## ۲-۱ نقشه کاربری اراضی

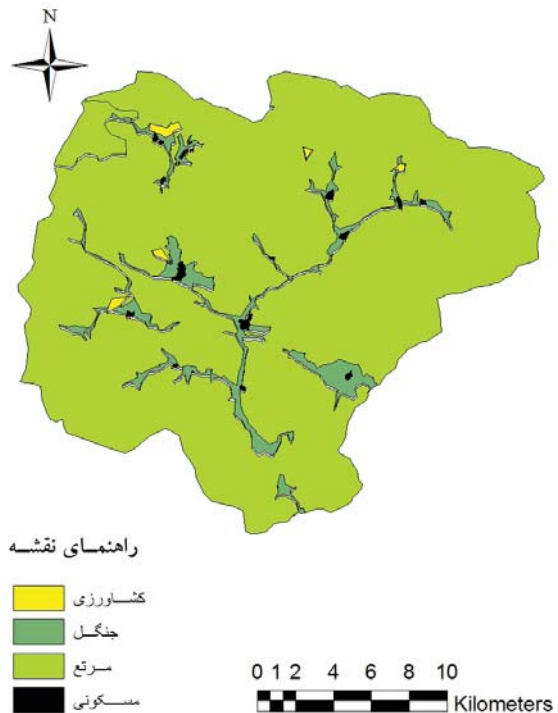
در این مطالعه نقشه کاربری اراضی فعلی منطقه مورد مطالعه از روی نقشه پستی و بلندی سازمان ملی اطلاعات جغرافیایی ایران، عکس‌های ماهواره‌ای موجود در منطقه و همچنین اطلاعات جدید گوگل ارث تهیه گردید و سپس با بازدید های صحرایی تپ های کاربری اراضی اصلاح و در نهایت نقشه نهایی کاربری اراضی در فضای کاری GIS رقمی گردید (شکل ۲). نقشه کاربری اراضی اصلاحی منطقه در ۵ کلاس جنگل، مرتع، علوفه‌های کوتاه، زراعت و اراضی بایر را نشان می‌دهد. همچنین نقشه رقمی کاربری با پیکسل سایز ۹۰×۹۰ متر تهیه شد. نقشه رقمی DEM حوضه نیز از روی نقشه های پستی و بلندی ۱:۲۵۰۰۰ موجود با پیکسل سایز ۹۰×۹۰ متر تهیه گردید.

## ۲-۲ نقشه خاک

نقشه خاک حوضه مورد مطالعه از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان تهران تهیه و تپ‌های مختلف خاک در فضای کاری GIS بصورت نقشه‌ای با پیکسل سایز ۹۰×۹۰ متر رقمی گردید. شکل (۳)



شکل ۳- نقشه تپ‌های مختلف خاک در حوضه لتیان



شکل ۲- نقشه کاربری حوضه لتیان

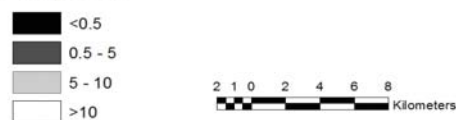
ریاضی استفاده گردید. از ابزار XTools جهت انتقال داده‌ها از محیط GIS به محیط اکسل استفاده گردید. بر این اساس لایه های شیب، کاربری و خاک طبق جدول (۱) طبقه بندی شد. جدول مزبور مرتبط کننده و تلفیق کننده اطلاعات هر لایه و تبدیل آن به ضریب رواناب می‌باشد.

#### ۲-۳ تهیه نقشه ضریب رواناب

گرچه ضریب رواناب به عنوان نسبت مقدار آب جاری شده به بارندگی حوضه دانسته می‌شود بطوری که مقدار آن بین صفر و یک تغییر می‌کند اما بطور بالقوه از روی عوامل موثر بر آن قابل محاسبه می‌باشد یعنی همان‌گونه که در منابع معتبر آب شناختی آمده است از طریق شیب، کاربری اراضی و خاک هر عرصه قابل تخمین می‌باشد. برای تهیه نقشه ضریب رواناب نیاز به نقشه‌های کاربری، خاک و شیب می‌باشد که در محیط ArcMap روی هم قرار داده شده و نقشه مرکب از کاربری، خاک و شیب بدست می‌آید. لازم به ذکر است که در محیط GIS اعمال روی هم گذاری و سپس تلفیق نقشه با کمک فنون Overlay و Dissolve انجام می‌شود. سپس با اطلاعات بدست آمده از نقشه مذکور و با استفاده از جدول (۱) مقدار ضریب رواناب بالقوه برای نقاط مختلف حوضه بدست می‌آید. همان‌طور که در جدول (۱) ملاحظه می‌شود کاربری‌های مورد استفاده باید در چهار کلاس مرتع، زراعت، جنگل و زمین بایر



راهنمای نقشه



شکل ۴- نقشه طبقات شیب حوضه (درصد)

#### ۲-۴ محیط انجام محاسبات و پردازش نقشه‌ها

از ArcGIS ۹.۳ که یک نرم افزار پر قدرت سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS می‌باشد جهت ایجاد، مدیریت و تولید لایه های و نقشه های مختلف استفاده گردید. نرم افزار اکسل جهت محاسبات

جدول ۱- جدول محاسبه ضریب رواناب بالقوه

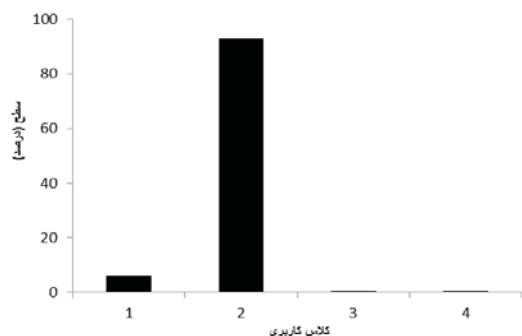
کاربری اراضی	شیب به درصد	رسی	سیلتی رسی	شنی رسی	سیلتی رسی لومی	شنی رسی لومی	رسی لومی	سیلت لوم	شیلته لومی	لومی	شنی لومی	لومی	شن
جنگل	<math><0.5</math>	۰/۴	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۳۰	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۲	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۱	۰/۰۷	۰/۰۳
	۰/۵-۵	۰/۴۴	۰/۴۱	۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۰۷
	۵-۱۰	۰/۵	۰/۴۷	۰/۴۳	۰/۴	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۳	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۲	۰/۱۷	۰/۱۳
	>۱۰	۰/۶۲	۰/۵۹	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۴۹	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۲۵
مرتع	<math><0.5</math>	۰/۵	۰/۴۷	۰/۴۳	۰/۴۰	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۳	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۲	۰/۱۷	۰/۱۳
	۰/۵-۵	۰/۵۴	۰/۵۱	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۴۱	۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۱۷
	۵-۱۰	۰/۶	۰/۵۷	۰/۵۳	۰/۵	۰/۴۷	۰/۴۳	۰/۴	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۳	۰/۲۷	۰/۲۳
	>۱۰	۰/۷۲	۰/۶۹	۰/۶۵	۰/۶۲	۰/۵۹	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۴۹	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۳۵
زراعت	<math><0.5</math>	۰/۶	۰/۵۷	۰/۵۳	۰/۵	۰/۴۷	۰/۴۳	۰/۴	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۳	۰/۲۷	۰/۲۳
	۰/۵-۵	۰/۶۴	۰/۶۱	۰/۵۷	۰/۵۴	۰/۵۱	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۴۱	۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۲۷
	۵-۱۰	۰/۷	۰/۶۷	۰/۶۴	۰/۶	۰/۵۷	۰/۵۳	۰/۵	۰/۴۷	۰/۴۳	۰/۴	۰/۳۷	۰/۳۳
	>۱۰	۰/۸۲	۰/۷۹	۰/۷۵	۰/۷۲	۰/۶۹	۰/۶۵	۰/۶۲	۰/۵۹	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۴۹	۰/۴۵
زمین بایر	<math><0.5</math>	۰/۷	۰/۶۷	۰/۶۳	۰/۶	۰/۵۷	۰/۵۳	۰/۵	۰/۴۷	۰/۴۳	۰/۴	۰/۳۷	۰/۳۳
	۰/۵-۵	۰/۷۴	۰/۷۱	۰/۶۷	۰/۶۴	۰/۶۱	۰/۵۷	۰/۵۴	۰/۵۱	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۴۱	۰/۳۷
	۵-۱۰	۰/۸	۰/۷۷	۰/۷۳	۰/۷	۰/۶۷	۰/۶۳	۰/۶	۰/۵۷	۰/۵۳	۰/۵	۰/۴۷	۰/۴۳
	>۱۰	۰/۹۲	۰/۸۹	۰/۸۵	۰/۸۲	۰/۷۹	۰/۷۵	۰/۷۲	۰/۶۹	۰/۶۵	۰/۶۲	۰/۵۹	۰/۵۵

\*منبع این جدول دستورالعمل مدل توزیعی - مکانی آب شناختی WetSpa می‌باشد.

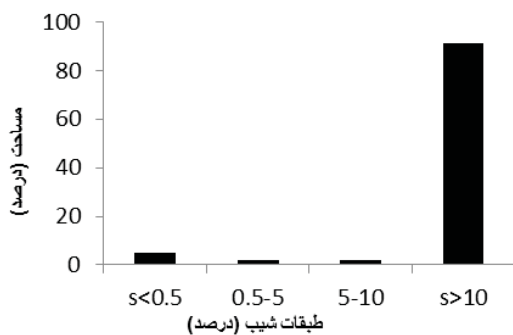
و مساحت تحت پوشش آنها در زیر آمده است. (جدول ۴ و شکل ۶).

ضریب رواناب بالقوه تابع مشخصات خاک، نوع بهره‌برداری از زمین (کاربری اراضی) و شیب حوضه می‌باشد و با استفاده از جدول (۲) تعیین می‌گردد. در این مطالعه مقدار ضریب رواناب بالقوه برای هر چند ضلعی بوسیله نرم افزار Arc map محاسبه و نقشه ضریب رواناب بالقوه حوضه ترسیم گردید (شکل ۹). نتایج نشان داد که نزدیک به ۵۷ درصد منطقه دارای ضریب رواناب بالقوه بیشتر از ۰/۶ و متوسط وزنی ضریب رواناب بالقوه حوضه ۰/۱۶ می‌باشد که توان سیل خیزی بالایی دارد و می‌تواند به دلیل کوهستانی بودن منطقه، بالا بودن شیب و شاید تغییر کاربری جنگل به مرتع می‌باشد. همان‌طوری که در شکل (۷) ملاحظه می‌شود طبقه‌ای که حداکثر سطح پوشش را دارد همان طبقه ضریب رواناب بالقوه ۰/۷ تا ۰/۶ می‌باشد.

با توجه به منحنی توزیعی سطحی ضریب رواناب (منحنی سطح تجمعی - ضریب رواناب) ملاحظه می‌شود که حدود ۹۸ درصد سطح حوضه دارای ضریب روانابی بین ۰/۳۵ تا ۰/۷ می‌باشد و ۲ درصد باقیمانده از سطح حوضه با دارای توان تولید رواناب خیلی ناچیز و یا برعکس مناطق مسکونی با توان تولید رواناب خیلی زیاد می‌باشد شکل (۸). این که ۸۹ درصد حوضه ضریب رواناب بالقوه بین ۵۳ تا ۰/۷ درصد (با متوسط ۱۶ درصد برای حوضه) دارد بهترین گواه بر سیل خیز بودن حوضه است. با توجه به اینکه ۱۹ درصد حوضه شیبی بیش از ۱۰ درصد دارد می‌توان عامل شیب را مهم‌تراز



شکل ۵- نمودار ستونی سطح- کلاس کاربری در حوضه لتیان



شکل ۶- نمودار ستونی شیب- سطح حوضه لتیان

باشد با توجه به اینکه کاربری‌های نقشه موجود در حوضه دارای کاربری‌های جنگل، مرتع، علوفه کوتاه، زراعت، و مناطق مسکونی می‌باشد در مورد دو کاربری علوفه کوتاه و مرتع تصمیم گرفته شد که در یک کلاس کاربری یعنی کلاس مرتع قرار گیرند این کار با نرم افزار GIS و دستور Reclassify انجام شد، بطوری که در مجموع سطوح مرتعی حوضه لتیان ۴۰۴۸۲۵ هکتار یعنی حدود ۹۲/۸۵ درصد از مساحت حوضه برآورد گردید.

## نتایج

با توجه به نقشه تیپ‌های خاک و جدول (۲) ملاحظه می‌شود که حوضه دارای چهار تیپ مختلف خاک می‌باشد که به ترتیب بزرگی سطح عبارت‌اند از: تیپ سیلتی-رسی-لومی، شنی رسی، لومی و شنی-لومی. تیپ غالب منطقه سیلتی-رسی-لومی می‌باشد که نزدیک به ۹۰ درصد سطح حوضه را پوشانده است.

با بررسی نقشه کاربری در سطح حوضه و جدول (۳) و نمودار ستونی (شکل ۵) مربوطه ملاحظه می‌شود که در منطقه ۴ نوع کاربری وجود دارد که کاربری مرتع با نزدیک به ۹۳ درصد و منطقه مسکونی با ۰/۴۳ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین سطح کاربری را در منطقه دارا می‌باشند (شکل ۵). البته همان‌طور که در بخش‌های قبلی توزیع داده شد در نهایت در محیط GIS نقشه کاربری اراضی در چهار کلاس تهیه شد که نمودار ستونی شکل (۵) درصد پوشش هر کلاس کاربری را نشان می‌دهد.

با بررسی شیب منطقه ملاحظه شد که در بیش از ۹۱ درصد از مساحت حوضه شیب بالای ۱۰ درصد (کلاس ۴) دارد متوسط شیب حوضه ۴۵/۶ درصد می‌باشد و این باعث بالا رفتن مقدار رواناب و کاهش زمان تمرکز حوضه می‌شود و توان حوضه را برای سیل خیزی افزایش می‌دهد. جدول مربوط به طبقات مختلف شیب

جدول ۲- تیپ های مختلف خاک و سطح آنها در منطقه

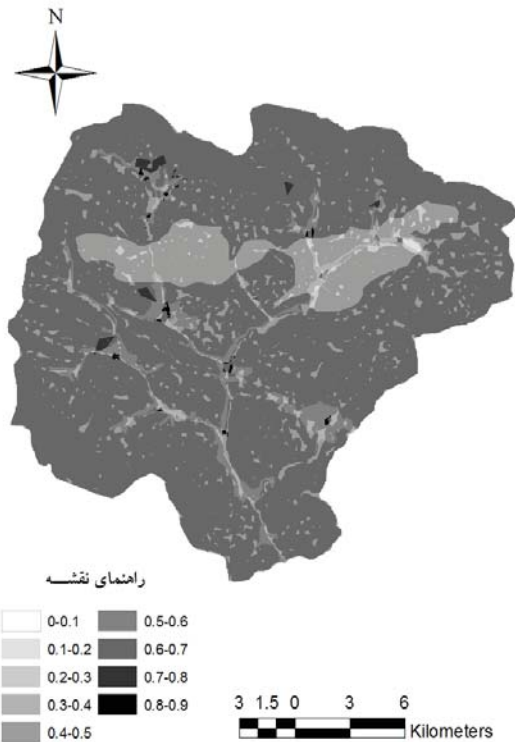
تیپ خاک	سطح (هکتار)	سطح (درصد)
شنی-لومی	۲۱۳۱/۱	۴/۸۸
لومی	۲۴۷۱/۹	۵/۶۶
سیلتی-رسی-لومی	۳۹۰۴۰/۳۶	۸۹/۴
شنی-رسی	۲۴/۶	۰/۰۶

جدول ۳- کلاسهای مختلف کاربری و سطح آنها در منطقه

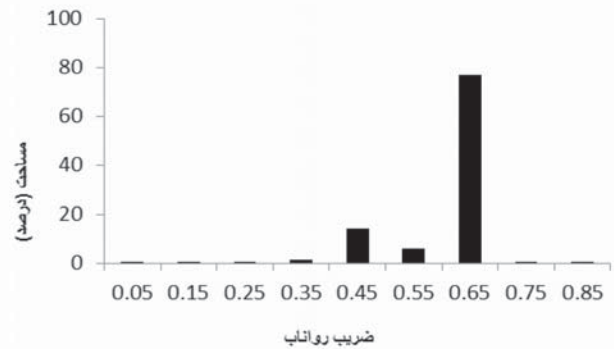
سطح (درصد)	سطح (هکتار)	کلاس	کاربری
۰/۵	۲۱۷/۸۰	۱	جنگل
۶/۲۲	۲۷۱۳/۹۴	۳	کشاورزی
۹۲/۸۵	۴۰۴۸۲/۵۲	۲	مرتع
۰/۴۴	۱۸۶/۳۸	۴	مسکونی

جدول ۴- به طبقات مختلف شیب و مساحت تحت پوشش آنها

سطح (درصد)	سطح (هکتار)	کلاس شیب (درصد)
۵/۰۴	۲۲۰۳/۲۴	۰-۰/۵
۲/۰۸	۹۰۷/۰۲	۰/۵-۵
۱/۷۴	۷۵۹/۹۲	۵-۱۰
۹۱/۱۴	۳۹۷۹۷/۷۵	۱۰<



شکل ۹- نقشه ضریب رواناب بالقوه حوضه مورد مطالعه

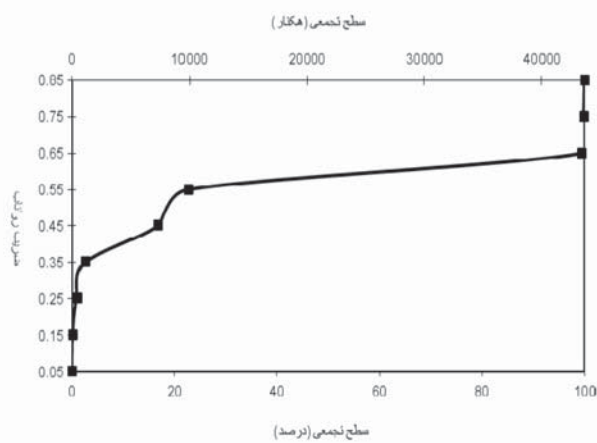


شکل ۷- نمودار ستونی سطح - ضریب رواناب بالقوه حوضه لتیان

عوامل دیگر در سیل خیزی بالای حوضه دانست. عامل دوم موثر بر سیل خیزی بافت خاک تا حدودی ریز دانه حوضه است طبق نقشه تیپ خاک و جدول ۲ ملاحظه می شود که بیش از ۹۸ درصد سطح حوضه را خاک سیلتی- لومی- رسی پوشانده است.

## بحث

روش های زیادی برای بررسی سیل خیزی وجود دارد که هر کدام با توجه به عامل هایی به بررسی موضوع می پردازند. با توجه به اینکه عوامل متعددی از جمله شدت بارندگی، شیب حوضه، نفوذپذیری زمین، شرایط پستی و بلندی و ویژگی های پوشش گیاهی و همچنین بعضی ویژگی های فیزیوگرافی حوضه از قبیل گردی شکل حوضه بر سیل خیزی یک منطقه موثر می باشند، این ضرورت ایجاد می شود که روشی توسعه داده شود که در آن بتوان بر اساس این کمیت ها نقشه ضریب رواناب بالقوه را به نقشه سیل خیزی منطقه تبدیل کرد. در این مطالعه از ضریب رواناب و نقشه ضریب رواناب بالقوه به منظور بررسی سیل خیزی حوضه استفاده شد. البته همان طور که قبلاً نیز اشاره شد در این تحقیق به پتانسیل سیل خیزی بدون در نظر گرفتن خصوصاتی که در قالب یک حوضه مفهوم پیدا می کند (مانند شکل حوضه) پرداخته شده است. به همین جهت است که نگارندگان اغلب از واژه سیل خیزی عرصه به جای سیل خیزی حوضه استفاده کرده اند. چرا که در این روش بکار گرفته شده سه عامل اصلی و مهم تأثیرگذار بر تولید رواناب و سیل خیزی عرصه یعنی پوشش زمین، خاک و شیب لحاظ می گردد. به نظر می رسد که ضریب رواناب بالقوه حوضه را می توان بعنوان یک نمایانه اصلی



شکل ۸- منحنی سطح تجمعی - ضریب رواناب بالقوه

برای مطالعه سیل خیزی حوضه بکار گرفت. گرچه ضریب رواناب درصد رواناب حاصل از بارش را بیان می دارد اما بر اساس عوامل اصلی موثر بر آن (شیب، پوشش زمین و خاک) قابل تعیین است و از سالها پیش در محاسبه سیل یک حوضه در قالب فرمول های متعدد از جمله فرمول مشهور استدلالی نقش اصلی را داشته است در فرمول مشهور و متداول  $Q=CIA$  مقدار C از طریق جدول معروف چو تعیین می گردد.

بر همین اساس و بر پایه این استدلال و بر اساس روش های متعدد و معتبر و الگو قراردادن نحوه محاسبه ضریب رواناب بالقوه

در مدل توزیعی WetSpa در این مقاله از نقشه C بعنوان نقشه توان سیل خیزی یاد شده و تحلیل گردیده است.

قابل ذکر است که زینی‌وند [۱۵] بوسیله مدل WetSpa همانند روش ضریب رواناب ارائه شده در این مقاله، به شبیه‌سازی پیوسته آبنمود جریان رودخانه در حوضه مورد مطالعه پرداخته است که نتایج حاکی از تطابق بالای آبنمودهای محاسباتی و مشاهداتی دارد (بر اساس معیار ناش - ساتکلیف دقت شبیه‌سازی حدود ۸۰ درصد گزارش شده است). به عبارتی نتایج پژوهش مذکور نیز بر دقت و مناسب بودن نقشه ضریب رواناب بالقوه ارایه شده صحه می‌گذارد؛ چرا که اگر ضریب رواناب برآوردی توسط مدل نامناسب می‌بود لاجرم آبنمودهای شبیه‌سازی شده تطابق مناسبی با آبنمودهای مشاهداتی نشان نمی‌دادند. یادآور می‌شود که در مقاله حاضر تهیه نقشه ضریب رواناب بالقوه حوضه لتیان بطور کامل برگرفته از مدل WetSpa و جدول ضریب رواناب این مدل می‌باشد. مدل مذکور یک مدل کاملاً توزیعی بوده که بیشتر روابط آن فیزیکی می‌باشد و توانایی تهیه مؤلفه‌های مختلف جریان در هر نقطه از حوضه را دارد.

یعقوبی و همکاران [۱۴] و همچنین کبیر [۶] در پژوهش خود با روش مذکور در این مقاله محاسبه ضریب رواناب و همچنین شبیه سازی رواناب در حوضه‌های چهل‌چای و گرگانرود استان گلستان به نتایج خوب و با دقت قابل قبول دست یافته‌اند.

در حال حاضر در کشور بررسی سیل خیزی حوضه با لحاظ عوامل موثر بر سیل خیزی و امتیازدهی کارشناس صورت می‌گیرد. در روش معمول عوامل موثر بر سیل خیزی حوضه تأثیری برابر داشته و کارشناس به صورت کیفی و با نظر کارشناسی خود به هر عامل امتیازی را اختصاص می‌دهد و سپس جمع امتیازات به عنوان نمایانه مقایسه سیل خیزی زیر حوضه‌ها استفاده می‌شود. اما در این مقاله با استفاده از ضریب رواناب پتانسیل اقدام به مطالعه سیل خیزی عرصه شده است. ضریب رواناب بالقوه مورد استفاده در این مطالعه برگرفته از جدول ضریب رواناب بالقوه مورد استفاده مدل توزیعی آب شناختی WetSpa می‌باشد و در محاسبه آن سه عامل شیب، کاربری اراضی و تیپ خاک شرکت دارند. این عوامل در واقع عوامل اصلی تعیین کننده سیل خیزی یک عرصه می‌باشند. البته در حوزه آبخیز عوامل دیگری مانند تراکم زهکشی و ضریب شکل حوضه نیز موثر بر بزرگی سیل حوضه می‌باشند که در روش مطالعه حاضر مورد نظر قرار نمی‌گیرند. در مطالعه صورت گرفته در واقع سیل خیزی عرصه (بدون در نظر گرفتن ویژگی‌هایی که فقط در قالب یک واحد آب شناختی یا حوضه مطرح می‌شوند) تعیین شده و چه بسا بتوان آن را متناظر با ضریب رواناب بالقوه بحث شده به عنوان سیل خیزی بالقوه ارایه کرد.

در روش ارایه شده در این مقاله همانطور که ضریب رواناب بالقوه از صفر تا ۱ یا به عبارتی دیگر از صفر تا ۱۰۰٪ تغییر می‌کند در ادامه می‌توان فرض کرد که سیل خیزی بالقوه هر عرصه و یا هر پیکسل نقشه از صفر تا ۱۰۰٪ تغییر می‌کند بطوری که در مورد

سطوح غیر قابل نفوذ که کل بارش نزولی تبدیل به رواناب می‌گردد سیل خیزی این سطوح ۱۰۰٪ تعیین می‌گردد. بالا بودن شیب در قسمت‌های زیادی از منطقه مورد مطالعه شاید موثرترین عامل در بالا بودن ضریب رواناب پتانسیل و سیل خیزی منطقه باشد همچنین بیشتر سطح حوضه را بافت خاک سیلتی - لومی - رسی پوشانده است که مطابق جدول (۱) جزو دسته خاکهای با توان بالایی تولید رواناب می‌باشد. البته نبایست از تأثیر گردی شکل حوضه در تشدید سیل خیزی حوضه غافل گشت گرچه عامل مذکور در ضریب رواناب بالقوه محاسبه شده در نظر گرفته نمی‌شود چون این عامل فقط در سطح حوضه مفهوم پیدا کرده و تأثیر گذار می‌شود. در منطقه مورد مطالعه مرتع بخش زیادی از مساحت منطقه را در بر می‌گیرد که با توجه به بالا بودن شیب منطقه باعث افزایش سیل خیزی می‌شود چون میزان رواناب در شرایط یکسان در جنگل به مراتب کمتر از مرتع می‌باشد. حداکثر ضریب رواناب در این مطالعه ۰/۹۸ بود که مربوط به مناطق مسکونی با شیب تا حدودی بالا می‌باشد. و کمترین مقدار ۰/۱ می‌باشد که به کاربری جنگل مربوط می‌شود. متوسط ضریب رواناب پتانسیل حوضه ۰/۱۶ است که مقدار بالایی می‌باشد همچنین متوسط ضریب رواناب بالقوه ۰/۱۶٪ می‌تواند دلیل و توجیه مناسبی بر تلقی سیل خیز بودن حوضه جاجرود (لتیان) باشد. مشکلی که در این روش مشاهده شد یکسان فرض کردن شیب‌های بالای ۱۰ درصد می‌باشد چرا که به طور معمول شیب رابطه مستقیم با ضریب رواناب و سیل خیزی منطقه دارد و شاید دقیق‌تر بود که کلاس شیب بالای ۱۰ درصد هم به کلاس‌های کوچکتری تقسیم می‌شد. به هر حال در این مقاله با توجه به جداول منابع مختلف [۳، ۴ و ۵] بوده و عین جداول و اعداد مورد استفاده قرار گرفت.

در نتیجه ملاحظه می‌شود که سه عامل شیب، خاک و کاربری با توجه به منابع معتبر تبدیل به ضریب رواناب می‌گردند و در این مقاله سیل خیزی به صورت یک سیل خیزی بالقوه از روی ضریب رواناب بالقوه بررسی گردید.

#### منابع

- 1- Behbahani, S. M. R, 2001. Surface water hydrology, Tehran University. 385 p. (In Persian).
- 2- Bahremand, A. 2006. Simulating the effects of reforestation on floods using spatially distributed hydrologic modeling and GIS, PHD thesis, Department of Hydrology and Hydraulic Engineering Vrije Universities Brussels, Belgium 150p.
- 3- Browne, F.X., 1990, Storm water management, Standard Handbook of Environmental Engineering, R.A. Corbitt (ed.), McGraw-Hill, New York. 424 pp.

engineering, Vrije Universities Brussels, Belgium 135P.

11- Mahdavi, M. 2002. Applied Hydrology, 2nd vol., Tehran University Propagation, 441P. (In Persian).

12- Quarda, T.B.M.J., Ashkar, F., and El-Jabi, N. 1993. Peak over Threshold model for seasonal flood variation. Engineering hydrology, proceedings of the symposium ASCE, San Francisco, California.

13- Wang, Z., Batelaan, O. and De Smedt, F., 1997, A distributed model for water and energy transfer between soil, plants and atmosphere (Wet Spa), Physics and Chemistry of the Earth, 21, 189–193.

14- Ya'qubi, F., Bahreman, A. And Noura, N., 2010, generating the map of potential runoff coefficient for Chehelchai river basin using the WetSpa Model. Proceedings of the 6th National Watershed Sciences and Engineering Conference and 4th National Erosion and Sediment Conference.

15- Zeinivand, H. and De Smedt., 2009. Hydrological modeling of snow accumulation and melting on river basin scale. Water resource management, 23:2271-2287. (In Persian).

4- Chow, V.T., Maidment, D.R. and Mays, L.W., 1988, Applied Hydrology, McGrawHill, New York.

5- Fetter, C.W., 1980, Applied Hydrogeology, Charles E. Merrill Publishing Co., Columbus, Ohio. 488 pp.

6- Kabir, A., 2010, application and development of the spatially distributed hydrological WetSpa model for runoff simulation in the Gorganrood watershed, Golestan Province. PhD thesis. Azad University Sciences and Researches Unit, 220 P. (In Persian).

7- Khosroshahi, M. and Saqafian, B., 2002. The role of river flow routing in the identification of flood prone areas of river basins, proceedings of the 6th International Conference of River Engineering. Shahid Chamran University of Ahvaz. (In Persian).

8- Kirkby, M.J., 1978, Hill Slope Hydrology, John Wiley & Sons, Ltd., p.235.

9- Liu, Y.B., De Smedt, F., 2005, Flood modeling for complex terrain using GIS and remote sensed information, Water Resources Management, 19(5), 605-624.

10- Liu, Y.B., De Smedt 2007, Wet Spa Model Manual, Department of Hydrology and Hydrolic