

## بر آورد رسوب ناشی از زمین لغزش با استفاده از مدل SHETRAN

### (مطالعه موردی: حوزه آبخیز زیدشت (۲) - طالقان)

- ❖ مظفر انصاری\*؛ دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران.
- ❖ سادات فیض‌نیا؛ استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران.
- ❖ حسن احمدی؛ استاد دانشگاه آزاد اسلامی، دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم و تحقیقات، ایران.
- ❖ محمد علی فتاحی اردکانی؛ دفتر کنترل سیلاب و آبخیزداری، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، تهران، ایران.

#### چکیده

خاک یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی هر کشور می‌باشد. امروزه کمتر منطقه‌ای را در سطح زمین می‌توان یافت که در معرض تخریب و فرسایش قرار نگرفته باشد. یکی از انواع فرسایش خاک زمین لغزش می‌باشد که در مدت کوتاهی حجم زیادی از خاک فرسایش می‌یابد. در این تحقیق از مدل رسوب حاصل از زمین لغزش SHETRAN برای زیرحوزه زیدشت (۲) طالقان واقع در استان البرز استفاده شد. در ابتدا نمونه آب رسوب‌دار در فصل بهار سال ۱۳۹۰ در خروجی حوزه برای کالیبره کردن مدل برداشت شد. در اجرای مدل ابتدا با استفاده از زیرمدل GISLIP مناطقی که شرایط زمین لغزش را دارند مشخص شدند و سپس با استفاده از زیرمدل SHETRAN اقدام به شبیه‌سازی هیدرولوژیکی و رسوب حوزه شد و مدل با اطلاعات برداشت شده در فصل بهار کالیبره شد. بعد از کالیبره کردن مدل، دوباره مدل برای تعیین نقاط لغزشی اجرا و ۴۱۸ نقطه لغزش یافته توسط مدل مشخص گردید، بعد از حذف لغزش‌هایی که مواد لغزش یافته آنها به آبراهه نمی‌رسند، میزان فرسایش حوزه آبخیز توسط زیرمدل SHETRAN محاسبه شد و یک مقایسه با نتایج قبل از اعمال زمین لغزش حاصل از مدل انجام گردید. نتایج نشان داد که ۱۹/۷۵٪ رسوب حاصل از مدل ناشی از زمین لغزش می‌باشد. با توجه به اینکه میزان متوسط کل رسوب حوزه با استفاده از آمار موجود در طول دوره شبیه‌سازی برابر ۱۱۱۲۴۸ کیلوگرم می‌باشد با توجه به نتایج مدل میزان رسوب حاصل از زمین لغزش برابر ۱۲۰۶۶۸ کیلوگرم از این مقدار است.

**کلید واژگان:** زمین لغزش، تولید رسوب، SHETRAN، مدل فرایند محور، طالقان، زیدشت (۲)

## ۱. مقدمه

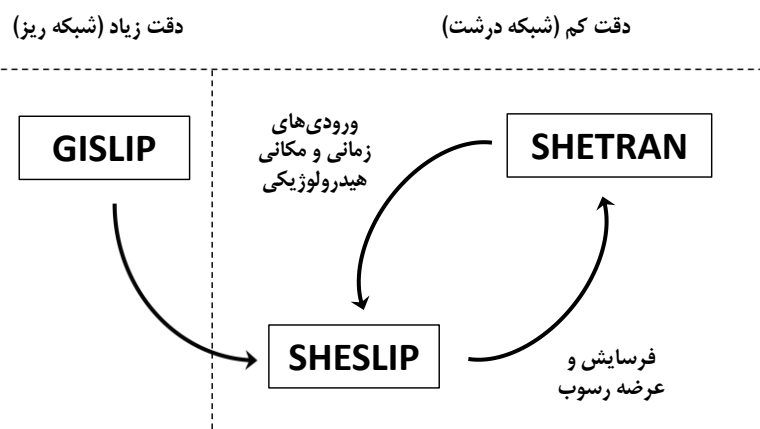
سیستم مدلسازی جریان آب، انتقال رسوب و آلاینده‌گرها SHETRAN تکامل یافت. در سال ۱۹۹۶ به آن یک جزء جدید با عنوان "مدل تولید رسوب حاصل از زمین لغزش SHETRAN" اضافه گردید [۵].

به طور کلی این مدل دارای ۳ زیرمدل بدین شرح است: زیرمدل GISLIP که آنالیز پایداری دامنه‌ها در سلول‌های کوچک را انجام می‌دهد و رسوب ناشی از زمین لغزش در هر سلول کوچک که به آبراهه می‌رسد را محاسبه می‌کند. زیرمدل SHESLIP که اطلاعات را از سلول‌های کوچک GISLIP تبدیل به سلول‌های بزرگی می‌کند که به مدل SHETRAN وارد می‌شود، وقوع زمین لغزش را در هر سلول بزرگ پیش‌بینی می‌کند و رسوب ناشی از زمین لغزش در هر سلول بزرگ که به آبراهه می‌رسد را محاسبه می‌کند. زیرمدل SHETRAN شبیه‌سازی هیدرولوژیکی حوزه آبخیز در سلول‌های بزرگ را انجام می‌دهد، رسوب ناشی از انواع فرسایش‌ها در سلول‌های بزرگ در صورت نبودن زمین لغزش را محاسبه می‌کند و رسوب ناشی از انواع فرسایش‌ها در سلول‌های بزرگ بر اساس عامل فرسایش‌پذیری خاک در صورت وجود زمین لغزش را محاسبه می‌کند.

در شکل ۱ مراحل کلی مدل تولید رسوب حاصل از زمین لغزش SHETRAN ارائه شده است.

به طور کلی حل معضل رسوب در حوزه‌های آبخیز برای بازدهی مفید سازه‌هایی مانند سدها، تأسیسات و کانال‌های آبیاری و کاهش خسارات زیست محیطی، اساسی است. در بین عوامل مؤثر در تولید رسوب، زمین لغزش‌ها نقش مهمی در تولید رسوب حوزه دارند. زمین لغزش‌ها هر ساله موجب خسارت‌های سنگینی می‌گردند که بعضاً جبران این خسارت‌ها ممکن نیست و یا نیاز به صرف وقت و هزینه بسیار زیاد دارد. لذا برنامه ریزی برای جلوگیری از این خسارت‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و موجب جلوگیری از هدر رفتن بسیاری از منابع ملی می‌گردد [۸]. ایران با توپوگرافی عمدتاً کوهستانی، فعالیت زمین‌ساختی و لرزه‌خیزی زیاد، شرایط متنوع اقلیمی و زمین‌شناسی، عمده شرایط طبیعی برای ایجاد طیف وسیعی از لغزش‌ها را دارا می‌باشد [۱]. یکی از بهترین نمونه‌هایی که در آن زمین لغزش به وفور یافت می‌شود، حوزه آبخیز طالقان می‌باشد.

SHE یک سیستم مدل‌سازی فرایندمحور شبکه‌ای، تفاضل متناهی بوده که فرایندهای اصلی فاز زمینی چرخه هیدرولوژیکی را نشان می‌دهد و در آزمایشگاه تحقیقاتی سیستم‌های منابع آب دانه‌شگاه نیوکا سال انگلستان به



شکل ۱. مراحل کلی مدل تولید رسوب حاصل از زمین لغزش SHETRAN [۵]

کم تبدیل می‌شود.

در زیرمدل SHETRAN مدل‌سازی جریان آب و رسوب که برای شبیه‌سازی اشباع شدن خاک و تعیین عمق اشباع نسبی بحرانی و تولید رسوب حوزه انجام می‌گیرد.

در والساسینا<sup>۱</sup> ایتالیا به منظور شبیه‌سازی الگوهای طولانی مدت زمین لغزش و رسوب تولیدی و نیز مشخص کردن سیستم‌های عرضه رسوب زمین لغزش با توجه به تغییر در خصوصیات آبخیز، از مدل SHETRAN استفاده شد که در این تحقیق سهم زمین لغزش در تولید رسوب حدود ۲۵٪ برآورد گردید [۴]. در حوزه آبخیز لوبرگات<sup>۲</sup> اسپانیا با استفاده از مدل SHETRAN میزان رسوب حاصل از یک واقعه زمین لغزش در ماه نوامبر سال ۱۹۸۲ را تخمین زدند و با توجه به محدوده عدم قطعیت، یک محدوده فرسایش بین ۱۴۶۳۰-۲۶۷۰ تن در کیلومتر مربع به دست آمد [۲]. در حوزه آبخیز Wet Swine Gill انگلیس بیان یک واقعه گسیختگی، با حجم حدود ۱۸۰ متر مکعب خاک، که در بین ماه‌های ژانویه و مارس سال ۲۰۰۲ اتفاق افتاده بود، اندازه‌گیری شد که حدود ۸٪ مواد گسیخته شده به‌عنوان واریزه در دامنه نه‌شته شده‌اند، ۴۴٪ این مواد که در آبراهه‌اند فوراً نهشته می‌شوند و فقط ۴۸٪ این مواد از منطقه خارج می‌شوند [۷]. همچنین میزان دبی آب و بار معلق متوسط روزانه در تحقیقی توسط [۹] در منطقه مورد مطالعه اندازه‌گیری شد.

از آنجایی که هیچ مطالعه دقیقی در داخل کشور بر روی رسوب حاصل از زمین لغزش انجام گرفته نشده است در نتیجه این تحقیق برای اولین بار در کشور انجام گرفته که می‌تواند به پیش‌بینی و مدیریت خطر وقوع زمین لغزش و نیز اهمیت آنها در تعیین سهم رسوب حوزه کمک کند.

## ۲. روش شناسی تحقیق

### ۲.۱. منطقه مورد مطالعه

GISLIP یک آنالیز سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد که آنالیز پایداری دامنه‌ها توسط معادله فاکتور اطمینان Ward [۱۰] را در سلول‌های کوچک می‌دهد و میزان رطوبتی که برای وقوع زمین لغزش نیاز است برای هر سلول محاسبه می‌نماید و این میزان رطوبت برای تعیین وقوع زمین لغزش وارد زیرمدل SHESLIP می‌شود. برای تعیین مناطق وقوع زمین لغزش در این مدل از معادله فاکتور اطمینان Ward [۱۰] استفاده شد.

$$FS = \frac{2(C_s + C_r) + (L - m) \tan \phi}{\gamma_w d \sin(2\beta) \tan \beta} \quad (1)$$

$$L = \frac{q_o}{\gamma_w d} + m \frac{\gamma_{sat}}{\gamma_w} + (1 - m) \frac{\gamma_m}{\gamma_w} \quad (2)$$

که در آن FS فاکتور اطمینان،  $C_s$  چسبندگی مؤثر خاک (Pa)،  $C_r$  چسبندگی ریشه (Pa)،  $\phi$  زاویه اصطکاک داخلی خاک روی لایه نفوذناپذیر (درجه)،  $d$  عمق خاک بالای سطح گسیختگی (m)،  $m$  عمق اشباع نسبی که نسبت ضخامت زون اشباع بر عمق خاک بالای سطح گسیختگی به دست می‌آید،  $q_o$  پوشش اضافه در واحد سطح ( $N/m^2$ )،  $\beta$  زاویه شیب دامنه (درجه)،  $\gamma_m$  وزن مخصوص خاک در حالت رطوبت ظرفیت زراعی ( $N/m^3$ )،  $\gamma_{sat}$  وزن مخصوص خاک اشباع ( $N/m^3$ ) و  $\gamma_w$  وزن مخصوص آب ( $N/m^3$ ) می‌باشد.

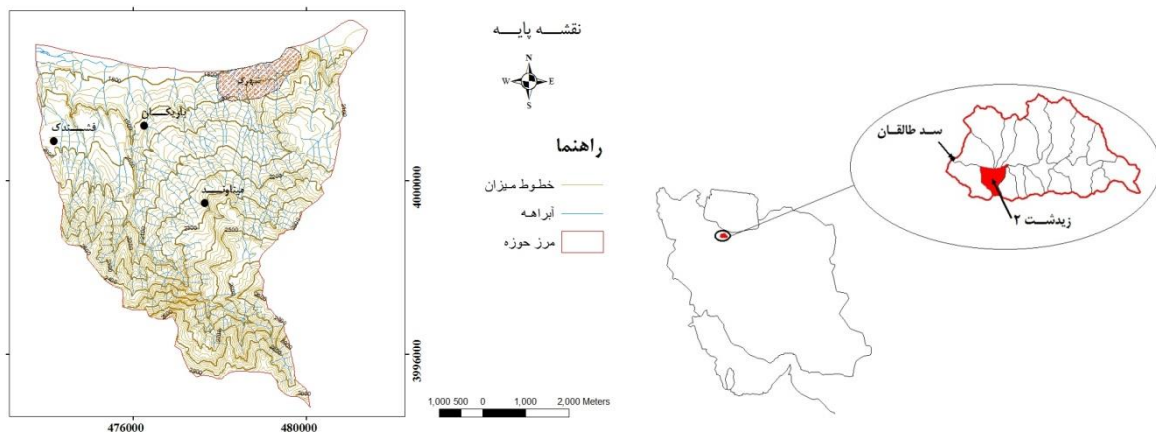
اگر  $FS < 1$  باشد، دامنه ناپایدار است و دامنه مورد نظر لغزیده خواهد شد و اگر  $FS > 1$  باشد، دامنه پایدار است و اگر  $FS = 1$  باشد، دامنه در حالت بحرانی (آستانه) برای تبدیل به یکی از حالات قبلی می‌باشد.

از آنجایی که جزء مدل‌سازی جریان آب و انتقال رسوب SHETRAN حداکثر می‌تواند  $36 \times 36$  سلول را محاسبه کند، در زیرمدل SHESLIP اطلاعات در سلول‌های با دقت زیاد به اطلاعات در سلول‌های با دقت

<sup>۲</sup> Llobregat

<sup>۱</sup> Valsassina

ترتیب ۳۰۸۱/۲۴ و ۱۷۴۴/۶۳ متر از سطح دریا بوده و ارتفاع متوسط منطقه نیز ۲۱۹۰ متر می باشد. جهت رودخانه اصلی زیرحوزه؛ امتداد جنوب به شمال دارد. این منطقه به دلیل داشتن مارن و تغییر کاربری به زمین لغزش بسیار حساس می باشد. شکل ۲ منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.



شکل ۲. موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران (سمت راست)، نقشه پایه منطقه مورد مطالعه (سمت چپ)

پوشش، درصد حضور هر نوع گیاه (گندمی، بوته ای و...) و ارتفاع گیاهان غالب و خاک لخت و درصد سنگریزه در محل به روش چشمی محاسبه و یادداشت شد.

#### ۲.۲.۲. برداشت های صحرائی مربوط به خاک

برای برداشتن نمونه خاک ابتدا خاک سطحی و گیاهان کنار زده شد و حدود یک کیلوگرم از نمونه برداشت شده از خاک در درون پاکت قرار داده شد. برای محاسبه مقاومت برشی خاک، به خاک تا حد اشباع آب اضافه شد و با استفاده از دستگاه برش پره تورون<sup>۱</sup> اندازه گیری های مربوط به مقاومت برشی خاک دست نخورده، اندازه گیری شد.

با توجه به مشاهدات صحرائی در منطقه، عمق صفحه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق زیرحوزه زیدشت (۲) از حوزه آبخیز سد طالقان واقع در استان البرز می باشد. این منطقه در طول جغرافیایی  $50^{\circ} 42'$  تا  $50^{\circ} 48'$  و عرض های بین  $36^{\circ} 5'$  تا  $36^{\circ} 11'$  واقع شده است. مساحت این زیرحوزه برابر  $3758/88$  هکتار و محیط آن  $30/5$  کیلومتر می باشد. این زیرحوزه به طور عمده کوهستانی می باشد که حداکثر و حداقل ارتفاع آن به

#### ۲.۲.۲. داده های مورد نیاز مدل

برای برداشتن اطلاعات مربوط به گیاه و خاک در منطقه ابتدا نقشه های زمین شناسی، کاربری اراضی و شیب در محیط ArcGIS تلفیق شد و بعد از حذف عارضه های کوچک تر از  $0/5$  کیلومترمربع، نقشه واحدهای کاری منطقه تهیه شد که با توجه به نقشه واحدکاری،  $40$  نقطه به صورت تصادفی در نرم افزار ArcGIS مشخص گردید و سپس به این نقاط با استفاده از GPS مراجعه شد.

#### ۱.۲.۲. برداشت های صحرائی مربوط به گیاه

اطلاعات مربوط به گیاه شامل درصد میزان تاج

<sup>۱</sup> Torvane Vane Shear

که همان وزن گیاه بر زمین در واحد سطح (فشار) می‌باشد، به علت ناچیز بودن وزن گیاه صفر در نظر گرفته شد [۴]. عمق صفحه گسیختگی با توجه به ملاحظات منطقه‌ای بین ۸۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر واقع شده بود که به طور متوسط برای کل منطقه برابر یک متر در نظر گرفته شد [۴]. میزان در صد رطوبت زراعی نیز با توجه به بافت خاک سیلت و سیلت-لوم ۲۵-۲۰ در صد در نظر گرفته شد [۱۰]. همچنین فقط زمین لغزش‌هایی که در محدوده شیب ۵۰ - ۱۵ درجه رخ می‌دهند به‌عنوان لغزش‌های واقعی مشخص شدند [۲].

آنالیز GISLIP در نرم‌افزار ArcMap نسخه ۹/۳ انجام گرفت. اندازه سلول‌ها برابر ۳۰×۳۰ در نظر گرفته شد. همانطور که در معادله های ۱ و ۲ مشاهده می‌گردد پارامتر عمق اشباع نسبی در طول زمان متغیر می‌باشد و سایر پارامترها ثابت می‌باشند، در نتیجه با قرار دادن میزان  $FS = 1$ ، عمق اشباع نسبی بحرانی برای هر سلول به دست آمد.

ضریب فرسایش‌پذیری خاک در اثر قطره باران محدوده بین  $(J^{-1}) - 0.2$  و  $0.5$  و برای جریان سطحی محدوده بین  $(mg.m^{-2}.s^{-1}) - 2$  و  $0.5$  در نظر گرفته شد [۲].

با استفاده از نقشه DEM به دست آمده و آبراهه حوزه، یک نقشه MASK از آنالیز Watershed با توجه به جهت جریان و آبراهه برای منطقه مورد مطالعه در نرم‌افزار ArcMap به دست آمده که نشانه‌گر منطقه فعال هیدرولوژیکی حوزه می‌باشد.

اندازه سلول‌ها برای این بخش از مدل  $300 \times 300$  m در نظر گرفته شد. ابتدا اطلاعات به دست آمده در محیط SHETRAN GUI که شامل خاک، پوشش، DEM و MASK می‌باشد، به نرم‌افزار زیر مدل SHETRAN وارد شد و بعد از کالیبره کردن اطلاعات به دست آمده وارد نرم‌افزار SHETRAN Standard شد و نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از مطالعات قبلی مقایسه شد.

گسیختگی در لغزش‌های مشاهده شده در منطقه بین ۸۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر ثبت شد و همچنین میزان جابجایی سطوح گسیخته شده بسیار ولی با جابجایی کم در منطقه نیز مشاهده شد.

## ۳.۲.۲. برداشت‌های مربوط به دبی جریان و آب

### رسوب‌دار

کالیبره کردن و ارزیابی مدل نیازمند اطلاعات خروجی حوزه است. از آنجایی که در خروجی حوزه ایستگاه هیدرومتری موجود نمی‌باشد، در تاریخ ۱۳۹۰/۱/۲۰ میزان دبی خروجی برای یک واقعه بارش در خروجی حوزه به صورت ساعتی به روش سرعت-سطح مقطع اندازه‌گیری شده و همچنین مقداری از آب رسوب‌دار در عرض‌های مختلف آبراهه به روش انتگراسیون عمقی برای محاسبه بار رسوب معلق برداشت گردید. برای اندازه‌گیری سرعت آب از جسم شناور استفاده شد.

## ۴.۲.۲. آنالیزهای آزمایشگاهی

برای دانه‌بندی ذرات بزرگتر از  $63 \mu m$  از الک‌بندی به روش تر و برای ذرات با قطر کمتر از  $63 \mu m$  از روش هیدرومتری با هیدرومتر  $152H$  استفاده شد و با استفاده از مثلث بافت خاک، نوع بافت خاک مشخص شد. میزان تخلخل خاک نیز در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. با توجه به بافت خاک و نوع و میزان پوشش گیاهی سایر پارامترهای مدل از مقدار پیش‌فرض مدل استفاده شد.

آمار بارندگی و تبخیر پتانسیل روزانه مربوط به ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد سال ۱۳۹۰ خورشیدی از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک طالقان تهیه شد.

## ۵.۲.۲. اجرای مدل

از آنجایی که تقریباً ۹۰٪ منطقه را گیاهان مرتعی تشکیل داده است و عمق ریشه‌دهی آنها کم می‌باشد میزان تأثیر چسبندگی ریشه برای زمین لغزش برابر صفر در نظر گرفته شد. همچنین پوشش اضافه در واحد سطح

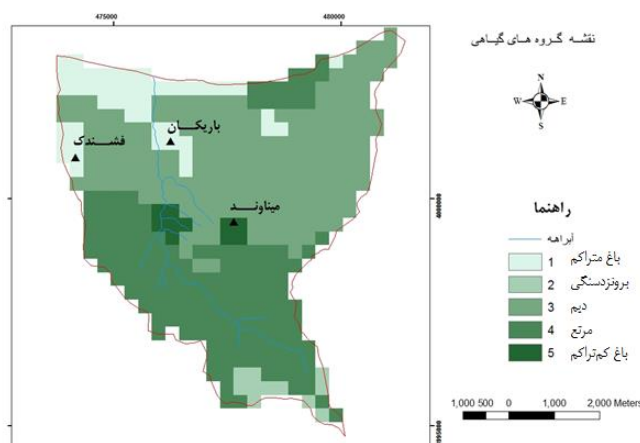
## ۳. نتایج

## ۱.۳. پوشش گیاهی

نتایج میزان درصد تاج و پوشش گیاهی به دست آمده که در جدول ۱ برحسب کاربری ارائه شده است؛ این کاربری‌ها در شکل ۴ ارائه شده است.

جدول ۱. نتایج حاصل از پوشش گیاهی برای هر کاربری

| شماره گروه گیاه | نوع کاربری   | گیاهان علفی (%) | گیاهان غیرعلفی (%) | خاک لخت (%) | درختان (%) | ظرفیت ذخیره تاج پوشش (mm) | شاخص سطح برگ | حداکثر عمق ریشه دهی (m) | نسبت در AE/AP FC |
|-----------------|--------------|-----------------|--------------------|-------------|------------|---------------------------|--------------|-------------------------|------------------|
| ۱               | باغ متراکم   | ۴۴              | ۸                  | ۱۳          | ۳۵         | ۲/۵۳                      | ۴/۹۸         | ۱/۰۴                    | ۱/۱۷             |
| ۲               | برونزدستگی   | ۸               | ۳۳                 | ۵۹          | ۰          | ۰/۶۲                      | ۱/۵          | ۰/۴۲                    | ۲/۵۲             |
| ۳               | دیم          | ۲۹              | ۲۸                 | ۴۳          | ۰          | ۰/۸۵                      | ۲/۵۷         | ۰/۵۷                    | ۲/۰۱             |
| ۴               | مرتع         | ۳۰              | ۲۲                 | ۴۸          | ۰          | ۰/۷۸                      | ۲/۴۷         | ۰/۵۲                    | ۲/۱۷             |
| ۵               | باغ کم تراکم | ۱۷              | ۱۸                 | ۳۰          | ۳۵         | ۲/۲۷                      | ۳/۶۵         | ۰/۸۷                    | ۱/۷۲             |



شکل ۴. نقشه پوشش گیاهی

## ۲.۳. بافت خاک

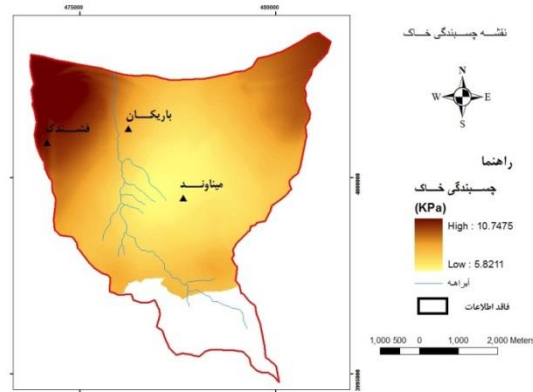
اطلاعات به دست آمده از دانه بندی به تفکیک هر گروه خاک ارائه شده است و همچنین در شکل ۵ نقشه گروه‌های خاک در منطقه مورد مطالعه ارائه شده است.

در جدول ۲ نتایج حاصل از دانه بندی خاک و نیز سایر

جدول ۲. نتایج حاصل از دانه بندی خاک

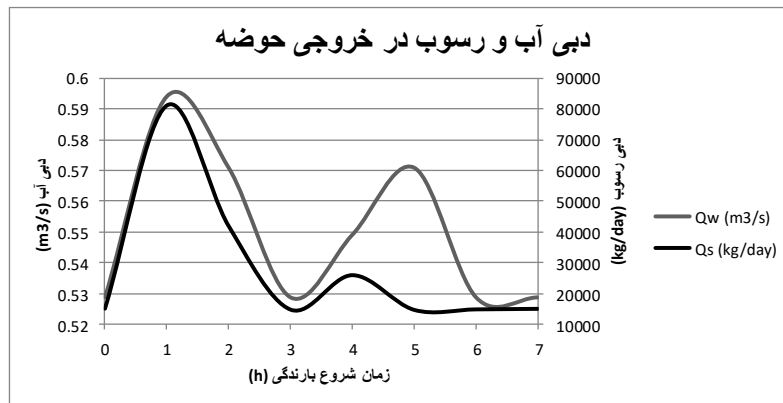
| vanGenuchte n-n3 | vanGenuchte n-alpha (cm <sup>-1</sup> ) | هدایت آب در خاک اشباع (m/day) | مقدار رطوبت باقی مانده | مقدار رطوبت اشباع | عمق خاک (m) | بافت خاک | گروه خاک |
|------------------|---|-------------------------------|------------------------|-------------------|-------------|----------|----------|
| ۲/۴۱             | ۰/۰۱                                    | ۰/۳                           | ۰/۱۷                   | ۰/۴۵              | ۱           | سیلت-لوم | ۱        |
| ۱/۴۲             | ۰/۰۱                                    | ۰/۳۳                          | ۰/۱۵                   | ۰/۴۹              | ۱/۵         | لوم      | ۲        |
| ۱/۴۳             | ۰/۰۱                                    | ۰/۳۱                          | ۰/۱۵                   | ۰/۴۹              | ۱۲/۵        | لوم      | ۳        |
| ۱/۶۵             | ۰/۰۱                                    | ۰/۰۷                          | ۰/۱۵                   | ۰/۴۹              | ۱۲/۵        | سیلت-لوم | ۴        |
| ۱/۶۶             | ۰/۰۱                                    | ۰/۰۶                          | ۰/۱۵                   | ۰/۴۹              | ۱۲/۵        | لوم      | ۵        |
| ۱/۶۳             | ۰/۰۱                                    | ۰/۰۴                          | ۰/۱۵                   | ۰/۵۱              | ۱۲/۵        | سیلت-لوم | ۶        |





شکل ۷. نقشه چسبندگی خاک

۵.۳. نتایج دبی آب و رسوب برداشت شده در تاریخ ۱۳۹۰/۱/۲۰ در شکل ۸ ارائه شده است. میزان دبی آب و رسوب حاصل از نمونه برداری در

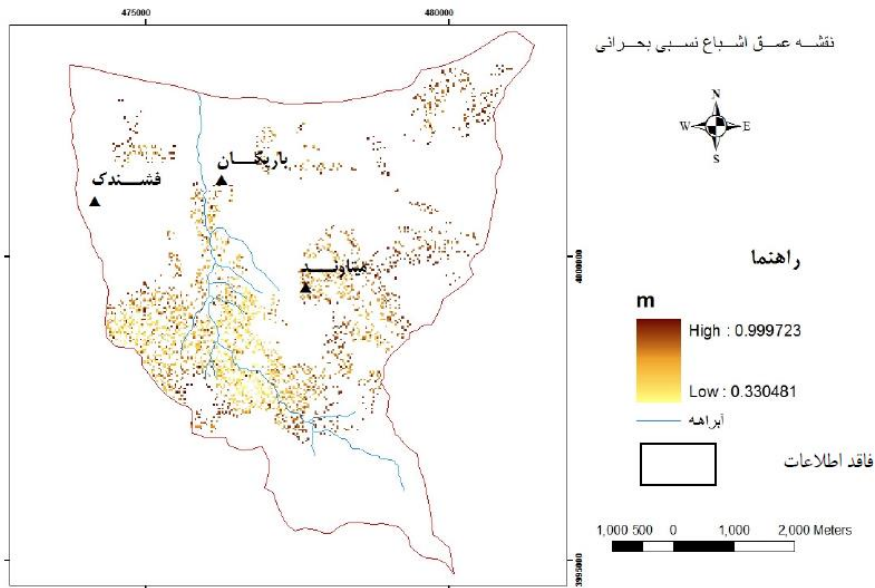


شکل ۸. هیدروگراف و رسوب‌گراف خروجی حوزه از زمان شروع بارندگی

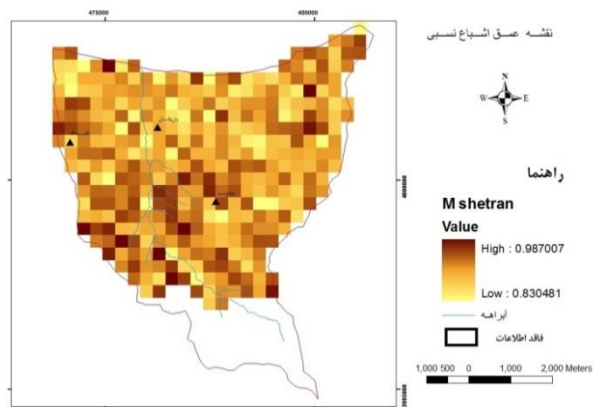
در شکل ۱۰ نقشه عمق اشباع نسبی برای سلول SHETARAN ارائه شده است. در شکل ۱۱ نقشه MASK برای منطقه مورد مطالعه ارائه شده است.

۶.۳. اجرای مدل در شکل ۹ میزان عمق اشباع نسبی بحرانی برای نقاط مستعد لغزش ارائه شده است.

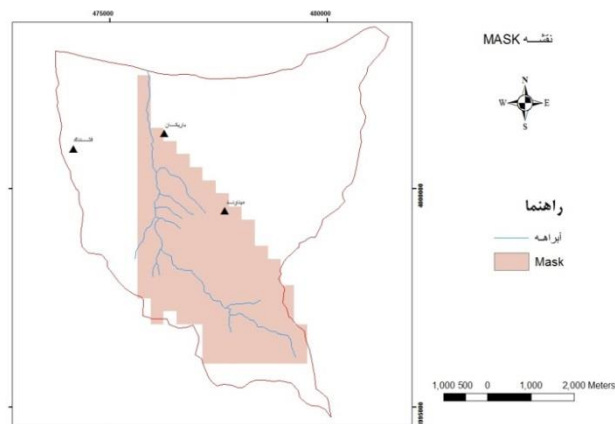




شکل ۹. نقشه عمق اشباع نسبی بحرانی برای سلول با دقت زیاد



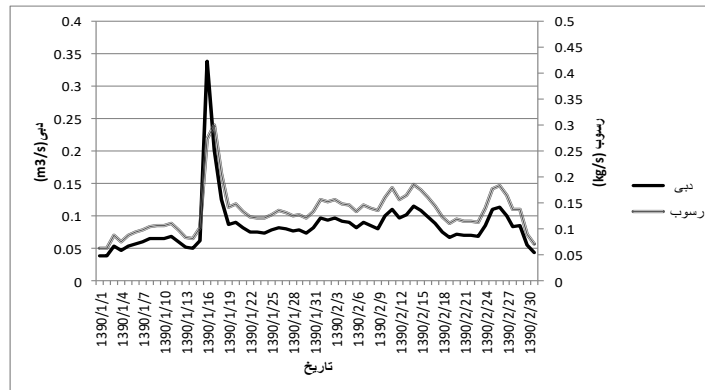
شکل ۱۰. نقشه عمق اشباع نسبی در سلول SHETRAN



شکل ۱۱. نقشه MASK

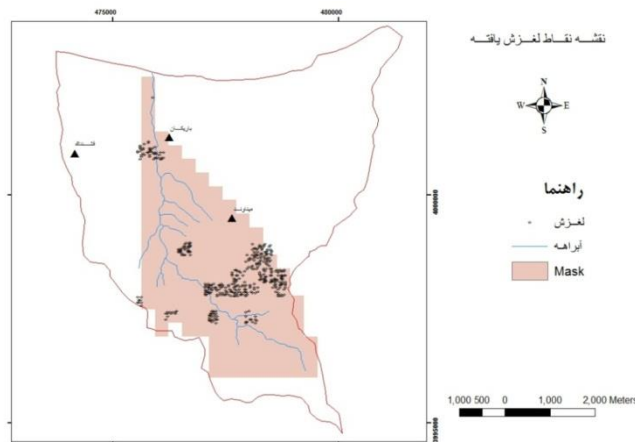
۷.۳. نتایج بخش هیدرولوژیکی و تولید رسوب از آنجایی که آمار بارندگی تهیه شده برای ماه‌های فروردین و اردیبهشت سال ۱۳۹۰ می‌باشد، متوسط دبی در حساب  $(m^3 \cdot s^{-1})$  و رسوب روزانه برحسب  $(kg/s)$  در خروجی حوزه بعد از کالیبره کردن مدل برای هر روز در شکل ۱۲ ارائه شده است.

شکل ۱۲. مقادیر روزانه دبی و رسوب تولید شده در خروجی حوزه در شکل ۱۳ مناطی در محدوده Mask که در آنها زمین لغزش اتفاق افتاده است، مشخص شده‌اند.



شکل ۱۲. مقادیر روزانه دبی و رسوب تولید شده در خروجی حوزه

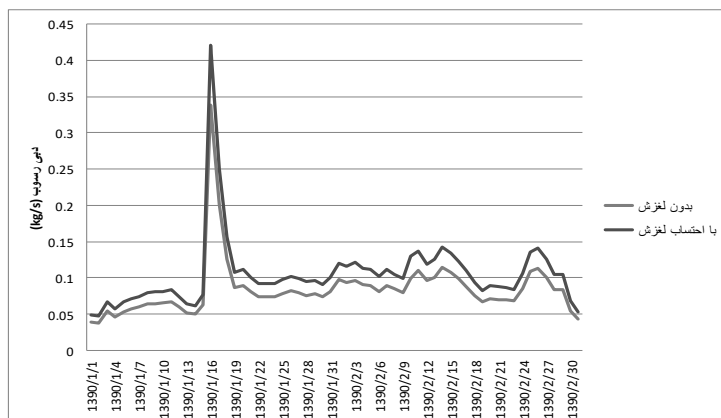
در شکل ۱۳ مناطی در محدوده Mask که در آنها زمین لغزش اتفاق افتاده است، مشخص شده‌اند.



شکل ۱۳. نقشه پراکندگی زمین لغزش در محدوده Mask

می‌دهد.

در شکل ۱۴ میزان دبی رسوب قبل و بعد از اعمال نقاط لغزش یافته در مدل بر حسب  $(kg/s)$  را نشان



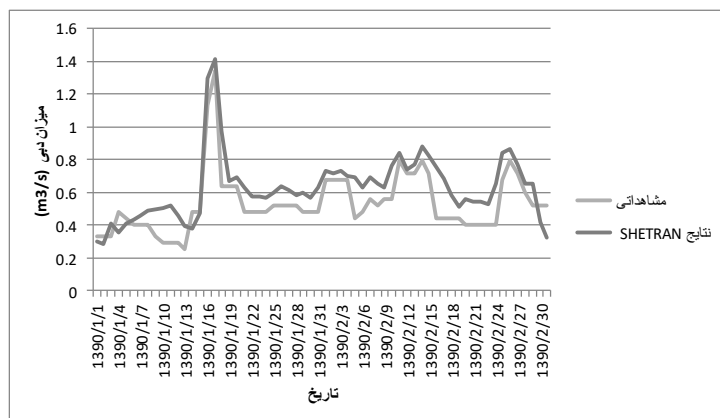
شکل ۱۴. میزان دبی رسوب در قبل و بعد از اعمال اثر نقاط لغزش یافته

نسبتاً خوبی برای این حوزه ارائه نموده است. که مشابه با دبی اندازه گیری شده در مطالعه [۹]، می باشد. در شکل ۱۵ این نتایج ارائه شده است. همانطور که در شکل ۱۵ مشاهده می کنید، این مدل نتایج شبیه سازی مقادیر کمتر و یا بیشتری را نشان می دهد، علت این که این مقادیر کم و یا زیاد می باشند را می توان به بارش به صورت برف نسبت داد.

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

نتایج این شبیه سازی از اول فروردین ماه سال ۱۳۹۰ تا پایان اردیبهشت ۱۳۹۰ ارائه شده است. با توجه به عدم وجود پوشش گیاهی و نیز مرطوب بودن زمین و وجود رگبارهای با شدت زیاد احتمال وقوع زمین لغزش زیاد می باشد.

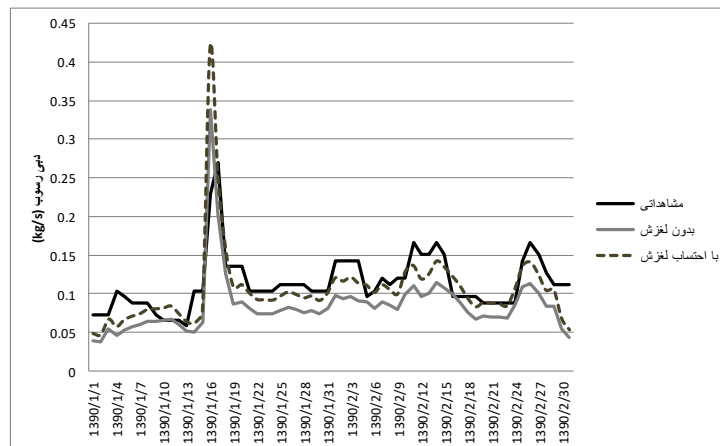
در بخش هیدرولوژیکی مدل SHETRAN، نتایج



شکل ۱۵. مقایسه دبی روزانه مشاهداتی و برآورد شده توسط مدل SHETRAN

شده در مطالعه [۹]، ارائه نمود که در شکل ۱۶ این پیش بینی قابل ملاحظه می باشد.

در بخش تخمین رسوب نیز با احتساب فرسایش پذیری مناطق لغزش یافته، رسوب حاصل از آن برای منطقه مورد مطالعه نتایج مناسبی را با توجه به رسوب اندازه گیری



شکل ۱۶. مقایسه دبی روزانه رسوب و مشاهداتی و برآورد شده توسط مدل SHETRAN

تحقیق را در این دانست که حجم مواد لغزش یافته در منطقه زیدشت (۲) ۱۸۰۰ متر مکعب می‌باشد و حجم بیشتری از این مواد وارد آبراهه می‌شود و توانایی حمل رسوب توسط جریان آب کمتر می‌شود.

با توجه نتایج مدل می‌توان اظهار نمود که این مدل توانایی نسبتاً خوبی برای تشخیص رسوب حاصل از زمین‌لغزش دارد.

با توجه نتایج مدل میزان کل رسوب خارج شده در منطقه مورد مطالعه از تاریخ ۱۳۹۰/۱/۱ تا تاریخ ۱۳۹۰/۲/۳۱ در جدول ۳ ارائه شده است.

همانطور که در شکل ۱۶ مشاهده می‌کنید این دو لغزش در تاریخ ۱۳۹۰/۱/۱۶، به وقوع پیوستند و نتایج محسوسی را در نتایج مدل و میزان بار رسوبی شبیه‌سازی شده ثبت گردیدند.

با توجه به نتایج به دست آمده از حدود ۱۹/۷۵٪ از سهم رسوب منطقه را زمین‌لغزش دارا می‌باشد که با نتایج [۴] که میزان ۲۵٪ برآورد کرده بود. علت اختلاف را می‌توان در یکسان نبودن مناطق مورد مطالعه دانست.

نتایج [۷] سهم لغزش در تولید رسوب حوزه در منطقه مورد مطالعه برای ۱۸۰ مترمکعب خاک لغزش یافته را ۴۸٪ اعلام نمودند که می‌توان علت تفاوت در نتایج این

جدول ۳. میزان رسوب و سهم زمین‌لغزش

| حجم کل رسوب مشاهداتی (kg) | وزن کل رسوب مدل بدون لغزش (kg) | وزن کل رسوب مدل با احتساب لغزش (kg) | وزن کل رسوب زمین‌لغزش در مدل (kg) | درصد رسوب زمین‌لغزش با توجه به مدل (%) | وزن رسوب زمین‌لغزش در آمار مشاهداتی (kg) |
|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| ۶۱۰۹۷۸                    | ۴۵۱۹۸۱                         | ۵۶۳۲۲۹                              | ۱۱۱۲۴۸                            | ۱۹/۷۵                                  | ۱۲۰۶۶۸                                   |

استفاده نمود.

جهت بهبود بازدهی مدل و ارائه نتایج بهتر، پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آتی، برخی از پارامترهای مدل مانند عمق صفحه گسیختگی، چسبندگی موثر خاک،

با توجه نتایج تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که مدل GISLIP در تعیین مناطق لغزش یافته نتایج نسبتاً مناسبی ارائه می‌دهد و نیز می‌توان از مدل رسوب حاصل از زمین‌لغزش SHETRAN برای مناطق لغزش خیز

نتایج بدست آمده با نتایج مدل GISLIP، به مدل SHESLIP برای محاسبه رسوب ناشی از زمین لغزش وارد شود.

چسبندگی ریشه گیاهان و... تو سط روش های دقیق تری اندازه گیری شود. همچنین فاکتور اطمینان به روش های مختلف، غیر از مدل GISLIP، محاسبه و پس از مقایسه

## References

- [1] Ahmadi, H. and Feiznia, S. (2006). *Quaternary Formation, 2nd Edition*, University of Tehran press.
- [2] Bathurst, J. C., Burton, A., Clarke, B. G. and Gallart, F. (2006). Application of SHETRAN basin-scale, landslide sediment yield model to Llobregat Basin, Spanish Pyrenees. *Hydrological Processes*, 20(14), 3119-3138.
- [3] Bathurst, J. C., Moretti, G., El-Hames, A., Beguería, S. and García-Ruiz, J.M. (2007). Modelling the impact of forest loss on shallow landslide sediment yield, Ijuez River Catchment, Spanish Pyrenees. *Hydrology & Earth System Science*, 11(1), 569-583.
- [4] Bathurst, J.C., Moretti, G., El-Hames, A., Moaven-Hashemi, A. and Burton, A. (2005). Scenario modelling of basin-scale, shallow landslide sediment yield, Valsassina, Italian Southern Alps. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5(2), 189-202.
- [5] Burton A. and Bathurst J. C. (1998). Physically based modelling of shallow landslide sediment yield at a catchment scale. *Environmental Geology*, 35(2-3), 89-99.
- [6] Foth, H. D. (1987). *Fundamentals of soil science, Sixth Edition*, Wiley and Sons. New York.
- [7] Johnson, R.M., Warburton, J. and Mills, A.J. (2008). Hillslope-channel sediment transfer in a slope failure event: Wet Swine Gill, Lake District, northern England. *Earth Surface Processes and Landforms*, 33(3), 394-413.
- [8] Shariat Jafari, M. (1997). *Landslide (Basis and principles of natural slope stability)*, Sazeh Publication. Tehran.
- [9] Tali-khoshk, S. (2012). *Comparison Nero-fuzzy and SCS methods in HEC-HMS Model in prioritizing sub-basins for watershed management activities case study: Taleghan Drainage Basin*. Ms.c Thesis. Tehran University. 87pp.
- [10] Ward, T.J., Li, R.M. and Simons, D.B. (1981). Use of a mathematical model for estimating potential landslide sites in steep forested drainage basins. *IAHS Publications*, 132, 21-41.

