

معرفی مدل مناسب رابطه‌ی زمین‌لغزش بر رسوب در سیستم حوضه آبخیز گل‌گل

شمس‌اله عسگری*: استادیار تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران

صمد شادفر: دانشیار پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

محمد رضا جعفری: استادیار تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۱۰)

چکیده

بررسی نقش زمین‌لغزش در تولید رسوب حوضه آبخیز از مسائل ضروری در مباحث مدیریت حوضه‌های آبخیز است. هدف این تحقیق، معرفی مدلی مناسب در زمینه‌ی تأثیر زمین‌لغزش بر بار رسوبی در حوضه آبخیز گل‌گل در استان ایلام است، با این فرض که بین شاخص‌های تأثیرگذار زمین‌لغزش بر بار رسوبی حوضه‌ی حاکم رابطه‌ی خطی وجود دارد. بنابراین، داده‌های دبی رسوب حوضه گل‌گل به دو روش روزانه مشاهده‌ای و سالانه، با استفاده از منحنی سنجه رسوب حد وسط دسته‌ها در طول دوره‌ی ۳۰ ساله تحلیل و برآورد شد. زمین‌لغزش‌های فعال حوضه به کمک تصاویر ماهواره‌ای و بررسی میدانی، شناسایی و با استفاده از مدل‌های خودهمبستگی فضایی در محیط نرم‌افزاری GIS تحلیل شد. نتایج نشان داد که بهترین مدل، مدل خودهمبستگی فضایی موران است. زمین‌لغزش‌ها نیز از الگوی خوشه‌ای برخوردار است. بعد از تحلیل عوامل در مدل هم‌پوشانی شاخص‌ها، لیتولوژی مارنی سازند گورپی به عنوان علت الگوی خوشه‌ای بودن زمین‌لغزش‌ها معرفی شد. نتایج تحلیل کمی متغیرها در نرم‌افزارهای آماری و همبستگی در رگرسیون یک و دو متغیره، رابطه‌ی خطی بین شاخص‌های تأثیرگذار زمین‌لغزش بر بار رسوبی حوضه را نشان می‌دهد. اما این همبستگی در رگرسیون چند متغیره نشان داد که بین شاخص‌های تأثیرگذار زمین‌لغزش بر بار رسوبی در این حوضه، ارتباط غیر خطی حاکم است و شاخص شیب متوسط زمین‌لغزش‌ها با ضریب تبیین ۰/۹۹۷ و مساحت زمین-لغزش با ضریب تبیین ۰/۸۷۰، بیشترین تأثیر را بر بار رسوبی در این حوضه دارد. البته استفاده از روش این تحقیق می‌تواند نتایج بهتری را در پژوهش‌های آتی به همراه داشته باشد.

واژگان کلیدی: بار رسوبی، حوضه‌ی گل‌گل، زمین‌لغزش، شاخص‌ها، مدل موران.

۱- مقدمه

بررسی رابطه‌ی زمین‌لغزش و رسوب در سیستم حوضه آبخیز، نیازی ضروری است. می‌دانیم که مورفولوژیک و ژئومورفیک حوضه آبخیز، تحت تأثیر عوامل برون‌داد و درون‌داد یک حوضه شکل می‌گیرد؛ بنابراین بررسی زمین‌لغزش به عنوان یک لندفرم و فرایند رسوب‌زایی آن، به معرفی مدل یا روشی نیازمند است که به کشف روابط قانونمند حاکم بر روابط زمین‌لغزش و رسوب حاصل از آن در سیستم حوضه‌های آبخیز بپردازد. این امر یکی از ضرورت‌هایی است

که تا به حال کمتر قابل توجه قرار گرفته است. سوابق تحقیق در معرفی مدل یا روش مناسب در زمینه تأثیر زمین-لغزش بر رسوب و در نظر گرفتن همه پارامترهای تأثیرگذار زمین لغزش بر رسوب در خارج و داخل کشور، بسیار کم و نادر است. اما طبق بررسی‌های انجام شده، سوابقی ذکر شده که به روش این تحقیق کمک زیادی کرده است.

رابطه‌ی میان رسوب‌زایی حوضه‌ها و درجه خطر زمین لغزش، از نوع رابطه‌ی خطی و مثبت می‌باشد (Pachauri et al, 1990). در تحقیقی دیگر، تغییرات مکانی و فضایی رسوبات معلق سالانه از جریان رسوب سالانه بررسی شد. در این تحقیق با توجه به تغییرات سالانه در متغیرهای هیدرولوژیکی در مدل‌های توسعه یافته، با استفاده از میانگین سالانه‌ی رواناب، میانگین سالانه‌ی جریان، (جریان در ۵ درصد از زمان (Q5) و بارش فصلی، هر ساله مشاهدات جداگانه تخمین زده می‌شود). پارامترهای دیگر موجود در مدل‌ها، بیانگر تفاوت‌های فضایی تحت تأثیر عواملی مانند خواص خاک (درصد خاک تخلیه شده و درصد خاک‌های ساحلی)، استفاده از زمین (درصد مرتع یا درصد زمین‌های زراعی)، شیب کانال (S1085) و خصوصیات زهکشی شبکه (زهکشی تراکم) و توصیف‌گرهای رسوب همراه با متغیرهای هیدرولوژیکی سالانه است که می‌تواند تحلیل فضایی و تغییرات بین سالانه رسوبات معلق را توضیح دهد. این روش با به دست آوردن معادلات از مجموعه داده‌های جمع‌آوری شده در این مطالعه، با بهترین کارایی مدل ۰/۸۴ و بهترین مدل مناسب R2 تنظیم شده ۰/۸۲ نشان داده شده است. روش ارائه شده، پتانسیل مدل‌های مبتنی بر رگرسیون را برای مدل-سازی رسوبات معلق در سیستم‌های کوچک رودخانه نشان می‌دهد (Rymszewiczand et al, 2017). در تحقیقی در استرالیا، روابط زمین لغزش - شیب به صورت فضای مدل‌سازی رسوبات با استفاده از مدلی به نام SedNetNZ ارائه شد تا سهم متوسط رسوب سالانه بلند مدت از زمین لغزش کم عمق و توزیع فضایی آن فراهم شود. در این تحقیق شاخص شیب و تأثیر زمین لرزه‌ی کم عمق، بیشترین تأثیر را در رسوب‌زایی زمین لغزش دارد (HarleyBetts et al, 2017).

برآورد مساحت و حجم توده‌ی لغزشی با استفاده از تکنیک‌های InSAR و مشاهدات GPS (مطالعه موردی پهنه لغزشی روستای گوگرد)، تخمین حجم و مساحت توده‌ی لغزشی، نیازمند اطلاعات زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی است که امروزه تنها با روابط تجربی بین حجم و مساحت زمین لغزش و به کارگیری داده‌های دورسنجی و تکنیک‌های تداخل‌سنجی قابل محاسبه می‌باشد. در این پژوهش، اطلاعات مربوط به ۲۶ زمین لغزش شامل مساحت، حجم و عمق در منطقه‌ی قطور فراهم شد. این امر با استفاده از ۲۵ تصویر سنجنده ASAR ماهواره‌ی ENVISAT و الگوریتم StaMPS و SBAS در تکنیک InSAR تهیه شد. سپس برای برآورد حجم توده‌ی لغزشی گوگرد، از یک رابطه‌ی تجربی استفاده شد. این محاسبات نشان داد که طی ۷ سال اخیر با احتساب متوسط طول، عرض و عمق جابه‌جایی به ترتیب ۲۶۰۰، ۸۰۰ و ۳۵ متر، مجموع سطح جابه‌جایی و حجم مواد جابه‌جا شده معادل $106 \text{ m}^2 * 2$ و $7.3 * 107$ m² باشد (Ahmadzadeh, et al, 2016). مدل‌سازی ارتباط بین مساحت و حجم زمین لغزش (مطالعه موردی: حوضه بقیع نیشابور)، شناسایی پهنه‌های حساس به زمین لغزش و برآورد حجم، اهمیت فراوانی دارد. در این تحقیق برای برآورد حجم زمین لغزش، ابتدا اطلاعات مربوط به عمق و مساحت لغزش‌ها گردآوری شد. در ادامه پس از رعایت فرضیات رگرسیونی، یک مدل رگرسیونی توانی فراهم و با ۱۷ رابطه‌ی ارائه شده در دنیا مقایسه شد. نتایج این تحقیق نشان داد که مقادیر حجم برآورد شده توسط این رابطه برای حوضه‌ی بقیع، همخوانی نسبتاً خوبی با داده‌های مشاهده‌ای و برخی روابط موجود دارد که کارایی رابطه‌ی ارائه شده را نشان می‌دهد (amirahmadi et al, 2017). شبیه‌سازی

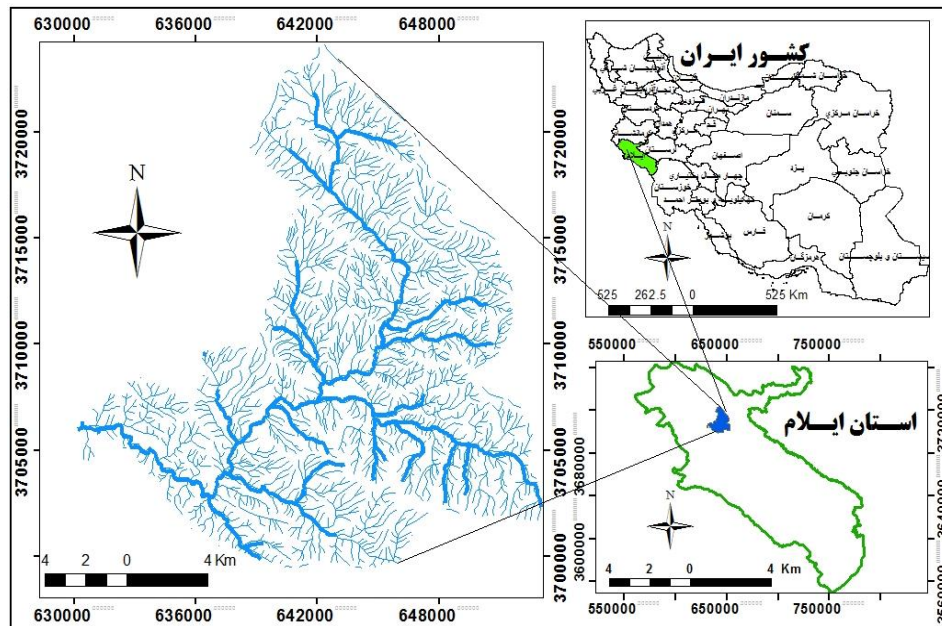
فرسایش و رسوب ناشی از زمین‌لغزش با استفاده از مدل Geo WEPP^۱ (مطالعه موردی: حوضه گرم‌چای میانه) نشان داد که بار رسوبی سطوح ناپایدار دامنه‌ای در زمینه‌ی مورفولوژی دامنه و مدیریت حاکم بر آن، در قالب کاربری زمین و اقلیم منطقه متغیر بوده‌است و مدل یاد شده به خوبی می‌تواند مقادیر رسوب و ته نشست و عوامل تأثیرگذار بر آن را شبیه‌سازی کند (Yarahmadi and Roostai, 2015).

هدررفت خاک و تولید رسوب ناشی از زمین‌لغزش‌های حوضه آبخیز گل‌گل نه تنها به اراضی کشاورزی، جنگلی و مرتعی حوضه‌نشینان خسارت سنگینی وارد می‌کند، بلکه به طور مستقیم از شریان اصلی این رودخانه به سد ایلام وارد می‌شود. این امر در کاهش عمر مفید سد تأثیر مستقیمی دارد؛ بنابراین شناسایی زمین‌لغزش‌های حوضه، عوامل تشدیدکننده‌ی زمین‌لغزش در تولید رسوب و به کارگیری روشی که بتواند پاسخگوی ارزیابی رابطه‌ی زمین‌لغزش و بار رسوبی ناشی از آن باشد، در حوضه‌ی گل‌گل استان ایلام مهم به نظر می‌رسد. در این تحقیق سعی شده با ابتکاری جدید با استفاده از ارتباطی بین مدل منحنی سنجه دبی رسوب در ایستگاه هیدرومتری و زمان وقوع زمین‌لغزش و مدل‌های خودهمبستگی تحلیل فضایی، در توزیع زمین‌لغزش‌ها و همپوشانی عوامل تأثیرگذار درون‌داد و برون‌داد حوضه با معرفی مهم‌ترین عامل و تقریباً با در نظر گرفتن همه‌ی متغیرهای فیزیکی زمین‌لغزش تأثیرگذار در تولید رسوب به صورت کمی در تحلیل‌های آماری روابط خطی یا غیر خطی، اثرات زمین‌لغزش بر بار رسوبی در حوضه آبخیز گل‌گل معرفی شود.

۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

زیر حوضه‌ی گل‌گل، شریان اصلی سد ایلام است که آب این شهر را تأمین می‌کند و در جنوب شرق شهر ایلام و شمال حوضه‌ی سد ایلام در موقعیت جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۴ دقیقه و ۲۷ ثانیه تا ۴۶ درجه و ۳۹ دقیقه و ۶ ثانیه طول شرقی و در ۳۳ درجه ۲۵ دقیقه و ۴۱ ثانیه تا ۳۳ درجه و ۳۸ دقیقه و ۵۲ ثانیه عرض شمالی قرار دارد و مساحت این زیر حوضه ۲۹۰۷۹ هکتار است. میانگین بارندگی، ۶۸۶ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت، ۱۸ درجه‌ی سانتیگراد است. نوع اقلیم نیز نیمه مرطوب معتدل و بلندترین نقطه ارتفاعی، ۲۴۰۰ متر و حداقل ارتفاع زیر حوضه در ایستگاه هیدرومتری گل‌گل ۱۲۰۰ متر است. این زیر حوضه با متوسط ارتفاعی ۱۸۰۰ متر، در واحد ژئومورفولوژیکی کوهستان قرار گرفته‌است.

¹ Water Erosion Prediction Project (WEPP)



شکل ۱: نقشه‌ی موقعیت حوضه آبخیز گل گل

۳- مواد و روش

ابتدا با استفاده از روش سیستمی ژئومورفولوژی با تهیه‌ی نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، عکس هوایی، تصاویر ماهواره‌ای ETM⁺ و Google Earth در محیط GIS، محدوده‌ی حوضه و رخدادهای زمین‌لغزش در سطح حوضه ترسیم شد. سپس با استفاده از روش تحلیل خودهمبستگی فضایی موران، الگوی فضایی زمین‌لغزش‌ها در سطح حوضه تبیین شد. برای تفکیک زمین‌لغزش‌های قدیمی و غیرفعال از زمین‌لغزش‌های فعال و دقت در شناسایی زمین‌لغزش‌های فعال جدید، ابتدا شناسنامه‌ای به صورت پرسشنامه طراحی شد. شناسنامه‌ای در یک زمین‌لغزش قابل اعتماد است که تمام اطلاعات ممکن با دقت در آن ذکر شده باشد. قبل از اجرای هر نوع تحلیل در زمینه‌ی زمین‌لغزش و ارتباط آن با شرایط محیطی، باید داده‌های شناسنامه‌ها همچون توزیع مکانی، تاریخچه‌ی فعالیت، مورفومتری و ... آنها در دست باشد. تفکیک ناپایداری دامنه‌ای براساس درجه فعالیت زمین‌لغزش‌ها نیز مهم است؛ چرا که تأثیر گسیختگی‌های دامنه‌ای بر فرسایش و رسوبدهی حوضه براساس زمان و مکان فعالیت آنها ارزیابی می‌شود؛ به طوری که موقعیت زمین‌لغزش بر روی دامنه‌ها در میزان رسوب تحویلی به رودخانه دخالت مستقیم دارد (Dadson et al, 2004 & Lin et al, 2008 & Chuang, 2009).

زمین‌لغزش‌های فعال حوضه‌ی گل گل با استفاده از عملیات میدانی شناسایی شد. سپس همه‌ی اطلاعات موجود در شناسنامه شامل مشخصات زمین‌لغزش، تاریخ وقوع، لیتولوژی و ژئومتری شامل شاخص‌های مساحت زمین‌لغزش به مترمربع، طول و عرض زمین‌لغزش به متر، حجم زمین‌لغزش به متر مکعب، مقدار زمین‌لغزش به تن، فاصله‌ی زمین‌لغزش تا آبراهه‌ی اصلی به متر، فاصله‌ی زمین‌لغزش تا ایستگاه هیدرومتری به کیلومتر، شیب متوسط به درصد، میزان گسیختگی به متر و حجم خاک زمین‌لغزش به تن با استفاده از متر دستی و دستگاه موقعیت‌یاب GPS اندازه‌گیری و در محیط ARCMAP با استفاده از روش‌های محاسباتی اطلاعات توصیفی و نقشه‌ی پراکنش مکانی زمین‌لغزش‌ها به صورت رقمی تهیه، ترسیم و پردازش شد. برای تحلیل فضایی زمین‌لغزش‌ها و روابط متغیرهای مستقل برونداد و

درونداد حوضه آبخیز در تحلیل مکانی زمین‌لغزش‌ها در سطح حوضه، ارتباط و اولویت‌بندی درجه‌ی تأثیرگذاری، شاخص‌های تأثیرگذار زمین‌لغزش به عنوان متغیرهای مستقل بر بار رسوبی داده‌ها در مدل‌های تحلیل فضایی برآزش شد که بهترین و سازگارترین مدل تحلیل فضایی در حوضه، معرفی و مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار زمین‌لغزش بر بار رسوبی حوضه معرفی شد.

برآورد دبی رسوب

برای برآورد بار رسوب معلق، روش‌های متعددی وجود دارد که در این پژوهش از رابطه‌ی توانی بین دبی جریان و دبی رسوب معلق - که به منحنی سنج رسوب معروف است - استفاده شده‌است. داده‌های دبی آب و دبی رسوب ایستگاه هیدرومتری گل‌گل نیز از آب منطقه‌ای استان ایلام تهیه شد. در ابتدا میزان رسوب روزانه، ماهانه و سالانه در دوره‌ی آماری ۳۰ ساله این ایستگاه محاسبه شد. سپس برای ترسیم منحنی سنج رسوب نیز از روش حد وسط استفاده شد. منحنی سنج رسوب با استفاده از داده‌های آماری دبی جریان و دبی رسوب ترسیم می‌شود. برای ترسیم این منحنی، از سری داده‌ها برای یک دوره‌ی آماری استفاده شد. منحنی سنج رسوب براساس داده‌های ایستگاه هیدرومتری موجود - که در آن سالیانه دبی رسوب همزمان با دبی جریان در چند نوبت ثبت شده‌است - در مقیاس لگاریتمی ترسیم شد. با توجه به اینکه اندازه‌گیری‌ها در ایستگاه رسوب‌سنجی فقط چند بار در سال انجام می‌شود، باید با برآزش داده‌ها رابطه‌ی نمایی بین دبی رسوب و دبی جریان تعیین شود. یکی از ساده‌ترین روش‌های آزمون همگنی داده‌ها، آزمون رشته‌ها^۱ از روش‌های آماری غیر پارامتری است. این آزمون با استفاده از نرم‌افزار نسخه‌ی ۲۱ Spss انجام شد. در نهایت، ارتباط متغیر تابع رسوب و متغیرهای مستقل تأثیرگذار زمین‌لغزش بر بار رسوبی، در خروجی مدل تحلیل فضایی و مدل‌های تحلیل رگرسیونی نتایج تحقیق ارائه شده‌است.

الگوی تحلیل فضایی زمین‌لغزش‌های حوضه

در این تحقیق شناخت الگوها، کشف روابط متغیر وابسته‌ی زمین‌لغزش و روندهای موجود در داده‌های فضایی و متغیرهای مستقل از اهمیت زیادی برخوردار است؛ اینکه زمین‌لغزش‌ها چگونه در سطح حوضه آبخیز توزیع شده‌اند و آیا توزیع آنها از الگوی خاصی پیروی می‌کند، روند داده‌ها چگونه است و توزیع فضایی زمین‌لغزش‌ها به چه صورت با رسوب‌زایی در ارتباط می‌باشد و ... برای پاسخگویی به سؤالات مطرح شده، مدل‌های توزیع الگوی فضایی بررسی شد. سپس با استفاده از بهترین مدل الگوی توزیع فضایی، زمین‌لغزش‌های سطح حوضه آبخیز شناسایی و معرفی شد. به طور کلی الگوهای توزیع فضایی عبارتند از: متوسط نزدیک‌ترین فاصله‌ی همسایگی، خوشه‌بندی، خوشه‌بندی زیاد و کم، خوشه‌بندی چند فاصله‌ای، خود همبستگی فضایی. الگوهای ذکر شده دارای معایب و محاسنی است که هر کدام در تحقیقات جغرافیایی جایگاه خاص خود را دارد که با اشراف بر کارایی مدل‌ها می‌توان بهترین ابزار آماری را برای الگویابی در زمینه‌ی موضوع مورد تحقیق خود انتخاب کرد (عسگری، ۲۰۱۱).

^۱ Run Test

تحلیل خودهمبستگی فضایی

خودهمبستگی فضایی یکی از کاربردی‌ترین و مهم‌ترین ابزارهای تحلیلی برای تحقیق در مورد داده‌های فضایی است. این تحلیل نه تنها به خودی خود اطلاعات مفیدی در مورد ارتباط درونی عوارض فراهم می‌سازد، بلکه از نتایج آن در بسیاری از تحلیل‌های پیچیده‌تر آماری نیز استفاده می‌شود. ابزار تحلیل خودهمبستگی فضایی موران، به بررسی خودهمبستگی فضایی براساس مکان دو مقدار خصیصه‌ی مورد نظر عوارض جغرافیایی می‌پردازد. فرض کنید تعدادی عوارض جغرافیایی با خصیصه‌ای مشخص در اختیار داشته باشیم، این ابزار الگوی توزیع فضایی داده‌ها را نشان می‌دهد. تفاوت این مدل با دیگر مدل‌ها در این است که در دیگر ابزارها فقط الگوی پراکنش عوارض یا مقادیر خصایص آنها تحلیل می‌شود؛ اما این تحلیل، الگوی توزیع عوارض در فضا را با ملاحظه‌ی همزمان موقعیت مکانی و خصیصه‌ی مورد نظر ارزیابی می‌کند. نتایج حاصل از این تحلیل نشان می‌دهد که آیا عوارض به صورت تصادفی، پراکنده یا خوشه‌ای در فضا توزیع شده‌اند، چه ارتباطی بین داده‌ها وجود دارد و کدام عامل در سطح حوزه مهم‌ترین عاملی است که سبب شده داده‌ها از این الگو پیروی کنند. این ابزار در حقیقت آماره یا شاخص موران^۱ را محاسبه می‌کند و با استفاده از امتیاز استاندارد Z و p-value، به ارزیابی و معنادار بودن شاخص محاسبه شده می‌پردازد. شاخص موران برای خودهمبستگی فضایی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$I = \frac{N \sum_i \sum_j \omega_{ij} (x_{ij} - \bar{x})}{W \sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{رابطه ی ۱:}$$

در اینجا Z_i تفاضل بین مقدار خصیصه عارضه i با میانگین آن $(x_i - \bar{x})$ است.

W_0 وزن فضایی بین عارضه‌ی i و j است، n تعداد کل عوارض جغرافیایی موجود در لایه‌ی مورد استفاده و S_n جمع کل وزن‌های فضایی است. امتیاز Z استاندارد برای آماره موران از طریق زیر محاسبه می‌شود:

رابطه ی ۲:

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \omega_{ij} x_1 = \frac{1 - E[I]}{\sqrt{V[I]}} \quad \begin{aligned} E[I] &= -\frac{1}{n-1} \\ V[I] &= E[I^2] - E[I]^2 \end{aligned}$$

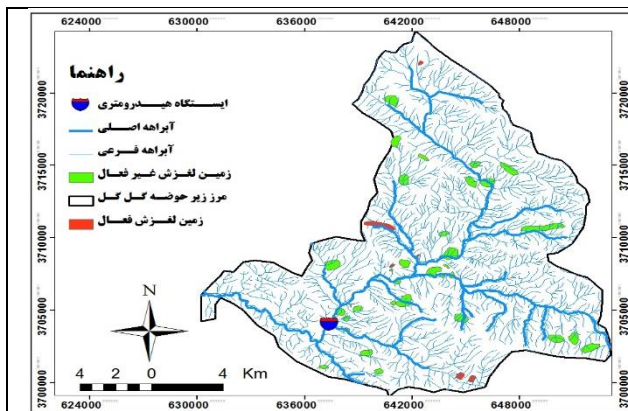
۴- یافته‌ها (نتایج)

شناسایی زمین لغزش‌های حوضه‌ی گل گل

در این تحقیق محدوده‌ی حوضه با استفاده از روش سیستمی ژئومورفولوژی و نقشه‌ی توپوگرافی تهیه شد. محدوده‌ی زمین لغزش‌های حوضه نیز با استفاده از عکس هوایی، تصاویر ماهواره‌ای ETM⁺ و Google Earth با استفاده از نرم‌افزار ArcMap در محیط GIS ترسیم شد. سپس اطلاعات دقیق زمین لغزش‌ها با استفاده از بازدیدهای میدانی و ابزار توضیح داده شده در روش تحقیق، ثبت و ۴۱ محدوده‌ی این زمین لغزش شناسایی شد که مساحتی در حدود ۹۵۶ هکتار از سطح حوضه را پوشش می‌دهد. همچنین با توجه به کارشناسی لازم در محل، ۹ رخداد زمین لغزش فعال با مساحتی در

¹ Moran

حدود ۱۰۰ هکتار تشخیص داده شد. در ادامه، مراحل شناسایی زمین‌لغزش‌ها و تصویر دو نمونه از آن نشان داده شده- است (اشکال ۲-۵).



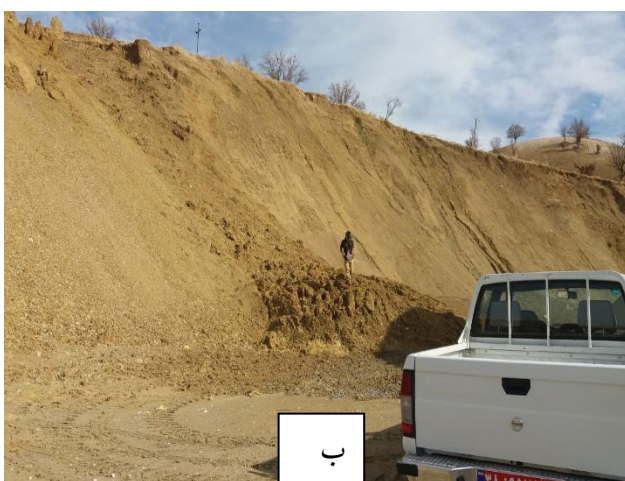
شکل ۳: نقشه‌ی محدوده‌ی زمین‌لغزش‌های حوضه



شکل ۲: زمین لغزش کد ۴ و ۵ نسبت به سد ایلام



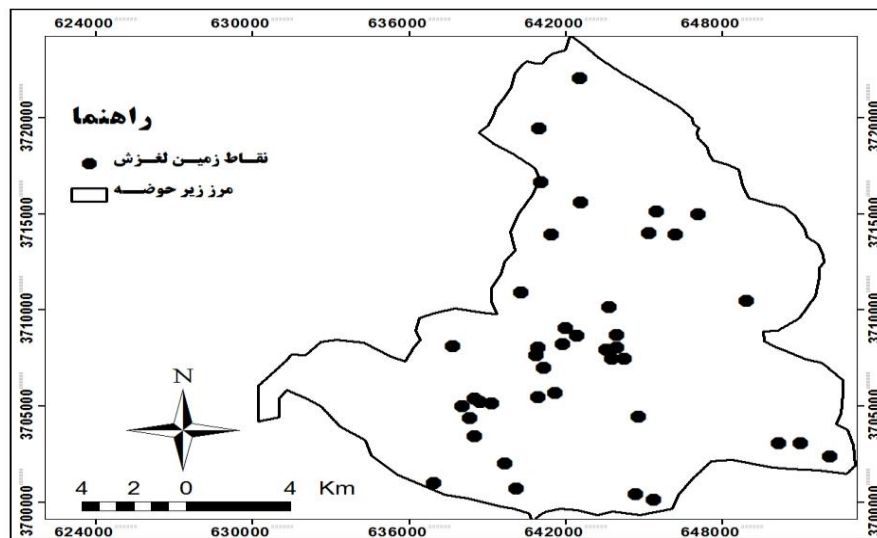
شکل ۴: تصویر الف و ب، زمین لغزش کد ۱۵ و نحوه‌ی اندازه‌گیری ابعاد آن



شکل ۵: تصویر الف و ب، زمین لغزش کد ۱۴ و نحوه‌ی اندازه‌گیری ابعاد آن

نحوه اجرای تحلیل شاخص موران (Moran) در ArcGis

برای اجرای این مدل از جعبه ابزار تحلیل‌های آماری فضایی^۱، ابزار تحلیل الگوها^۲ را بسط می‌دهیم و همبستگی فضایی^۳ را انتخاب می‌کنیم. هدف از بهره‌گیری از این ابزار آن است که ببینیم آیا زمین لغزش‌های سطح حوضه از خودهمبستگی فضایی برخوردار است. در جعبه‌ی مربوط، اطلاعات موردنیاز را وارد و گزینه‌های مناسب را انتخاب می‌کنیم. در قسمت Input Feature class نیز لایه‌ی زمین لغزش برای تحلیل خودهمبستگی فضایی انتخاب می‌شود (شکل ۶).



شکل ۶: نقاط زمین لغزش‌های حوضه آبخیز گل گل

تحلیل خودهمبستگی فضایی زمین لغزش‌های حوضه گل گل

تحلیل خودهمبستگی فضایی، دو نوع خروجی را به صورت گرافیکی و عددی ارائه می‌دهد. خروجی گرافیکی نشان می‌دهد که داده‌ها از نوع پراکنده است یا خوشه‌بندی شده. جدول ۸، فیلدهای معرفی شده را برای تحلیل فضایی زمین لغزش‌ها نشان می‌دهد؛ بدین صورت که تعدادی از زمین لغزش‌ها در مناطق مختلف حوضه‌ی گل گل دارای خودهمبستگی فضایی است که به صورت عددی در جدول ۹ نمایش داده شده است.

جدول ۸: فیلدهای معرفی شده در دستور

Input Feature Class:	landslide
Input Field:	ORIG_FID
Conceptualization:	INVERSE_DISTANCE
Distance Method:	EUCLIDEAN
Standardization:	Row

¹ Spatial Statistics Tools

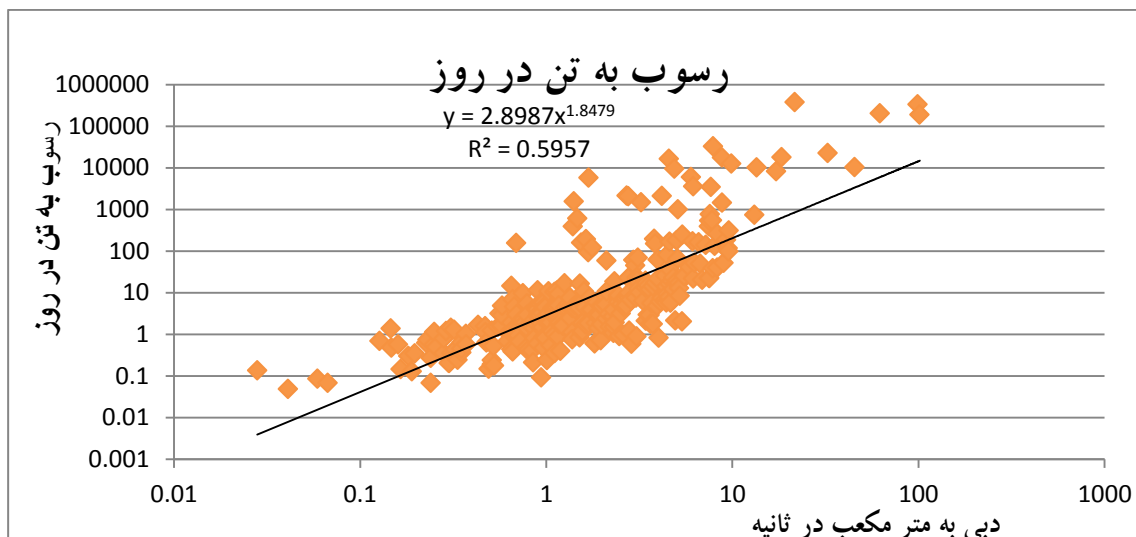
² Analyzing Patterns

³ Spatial autocorrelation

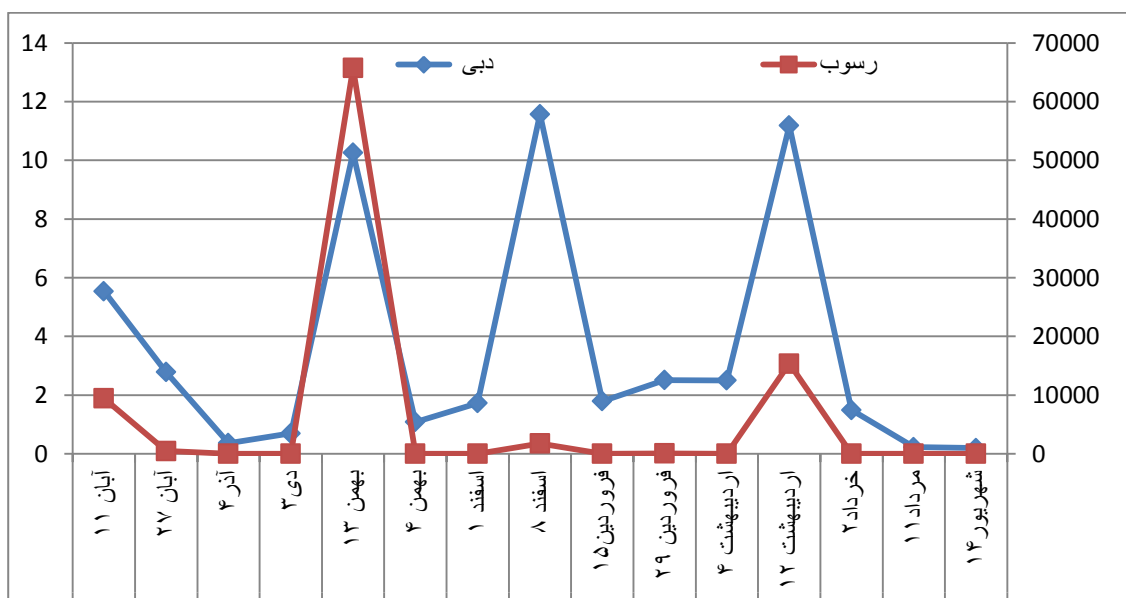
جدول ۹: نتایج تحلیل خودهمبستگی فضایی

Global Moran's I Summary	
Moran's Index	0.684522
Expected Index	-0.023451
Variance	0.003572
z-score	3.751648
p-value	0.000002

چنان که ملاحظه می‌شود، شاخص موران در این تحلیل ۰/۶۸۴۵۲۲ است و از آنجا که مقدار آن ثابت و نزدیک به یک می‌باشد، می‌توانیم نتیجه بگیریم که داده‌ها دارای خودهمبستگی فضایی هستند. اگر قرار بود این داده‌ها به طور نرمال در فضا پخش شود، شاخص باید مقدار منفی را اختیار می‌کرد. همچنین با استناد به بالا بودن امتیاز استاندارد Z و بسیار کوچک بودن مقدار PValue، می‌توان فرضیه‌ی فقدان خودهمبستگی فضایی بین داده‌ها را رد کرد. چنان که می‌دانیم تحلیل‌های رگرسیون خطی و بسیاری از تکنیک‌های آماری دیگر بدان نیازمندند که مشاهدات مستقل از هم باشند، با کمک ابزار خودهمبستگی فضایی می‌توان دریافت که داده‌ها از نظر فضایی مستقل از یکدیگر هستند یا خیر. بنابراین، در این تحقیق بین متغیرها رابطه‌ی منطقی و ریاضی وجود دارد و مهم‌ترین عامل خوشه‌ای بودن زمین‌لغزش‌ها در مدل تحلیل فضایی، عامل لیتولوژی مارنی سازند گورپی است. این عامل از جمله عوامل درون‌داد سیستم حوضه آبخیز به شمار می‌رود. از بین عوامل برون‌دادی سیستم حوضه آبخیز، بارندگی‌های سیل‌آسا و شدید است که تقارن رخداد زمین‌لغزش و پیک دبی آب و دبی رسوب را همزمان با بارش‌های شدید در دوره برگشت‌های متفاوت این فرایند نشان می‌دهد و تأثیر زیادی در برهم زدن مارن‌های لغزشی دارد. شکل ۷، منحنی سنج دبی آب و دبی رسوب را در بارش‌های شدید در طول دوره‌ی آماری ۳۰ ساله دبی آب. دبی رسوب ایستگاه هیدرومتری حوضه آبخیز گل‌گل نشان می‌دهد و شکل ۸ نیز به صورت نمونه ذکر شده‌است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در سال ۱۳۸۸، پانزده بارش شدید ثبت شده‌است که اولین بارش سنگین در ۱۳ بهمن، رخداد زمین‌لغزش را در پی داشته و پیک رسوبی از دبی آب بیشتر شده است. این مقدار، حدود ۱۶ هزار تن رسوب معلق است. با توجه به ضریب منطقه‌ای، در حدود ۱/۴ این مقدار در حدود ۲۲۴۰۰ تن رسوب می‌باشد. در طول دوره‌ی آماری ۳۰ ساله در ایستگاه گل‌گل، ۴۲۶ بارش با دبی بالاتر از میانگین ثبت شده‌است با مقدار رسوب معلق ۱۵۵۶۸۶۰ تن و با ضریب منطقه‌ای ۲۱۷۹۶۰۴ تن رسوب که از این مقدار، ۱۳۷۹۲۵۰ تن به ۹ رخداد زمین‌لغزش بازمی‌گردد که با کسر مقدار رسوب متناظر با دبی آب، مقدار رسوب حاصل از زمین‌لغزش‌ها ۵۸۶۷۶۳ تن است که معادل ۲۶/۹۲ درصد از کل مقدار رسوب ایستگاه هیدرومتری گل‌گل می‌باشد.



شکل ۷: نمودار منحنی سنجه دبی آب و دبی رسوب دوره آماری ۳۰ ساله در ایستگاه هیدرومتری گل گل



شکل ۸: نمودار دبی آب و دبی رسوب سال ۱۳۸۸ ایستگاه هیدرومتری گل گل

ارتباط بین متغیرهای تأثیرگذار زمین لغزش ها بر بار رسوبی

اطلاعات ۹ زمین لغزش فعال در سطح حوضه به صورت متغیرهای مستقل (مساحت زمین لغزش به مترمربع، طول و عرض زمین لغزش به متر، حجم زمین لغزش به متر مکعب، مقدار زمین لغزش به تن، فاصله زمین لغزش تا آبراهه‌ی اصلی به متر، فاصله زمین لغزش تا ایستگاه هیدرومتری به کیلومتر، شیب متوسط به درصد، میزان گسیختگی به متر و حجم خاک زمین لغزش به تن)، و رسوب به تن به عنوان متغیر وابسته در زیرحوضه گل گل در جدول ۳ و ۴ نشان داده شده- است.

جدول ۳: اطلاعات زمین لغزش‌ها و رسوب در زیر حوضه گل گل

متغیرهای مستقل						متغیر وابسته	نمونه‌ها:
متغیرهای مستقل						متغیر وابسته	کد لغزش‌های زیر حوضه گل گل
Y	X5	X4	X3	X2	X1		
رسوب به تن در روز	مقدار لغزش به تن	حجم لغزش به متر مکعب	طول به متر	عرض به متر	مساحت به متر		
22822.585	4081000	2915000	220	175	42000		1
378747.249	261223200	186588000	1750	305	420000		2
16524.468	1126000	800000	224	120	30000		3
17960.722	980000	600000	270	160	40000		4
33031.265	4830000	3450000	300	150	45000		5
336258.234	24847200	17748000	465	315	150000		6
190026.4	20412000	14580000	435	305	140000		7
65765.87	1071000	765000	205	70	20000		8
10244.442	1264578	903270	376	85	50000		9

جدول ۴: اطلاعات زمین لغزش‌ها و رسوب در زیر حوضه گل گل

متغیرهای مستقل						متغیر وابسته	نمونه‌ها:
متغیرهای مستقل						متغیر وابسته	کد لغزش‌های زیر حوضه گل گل
Y	x10	X9	X8	X7	X6		
رسوب به تن در روز	حجم خاک لغزش به تن	میزان گسیختگی	شیب متوسط زمین لغزش	فاصله از آبراهه اصلی متر	فاصله زمین لغزش تا ایستگاه به متر		
22822.585	3200000	55	0.41	200	26800		1
378747.249	185237000	438	0.45	4000	11550		2
16524.468	940000	56	0.35	350	6000		3
17960.722	800000	67	0.35	1100	9000		4
33031.265	3700000	75	0.25	1400	5900		5
336258.234	18540000	116	0.35	8200	8200		6
190026.4	17640000	108	0.37	8600	8600		7
65765.87	9700000	51	0.44	100	2600		8
10244.442	760000	72	0.32	5300	11700		9

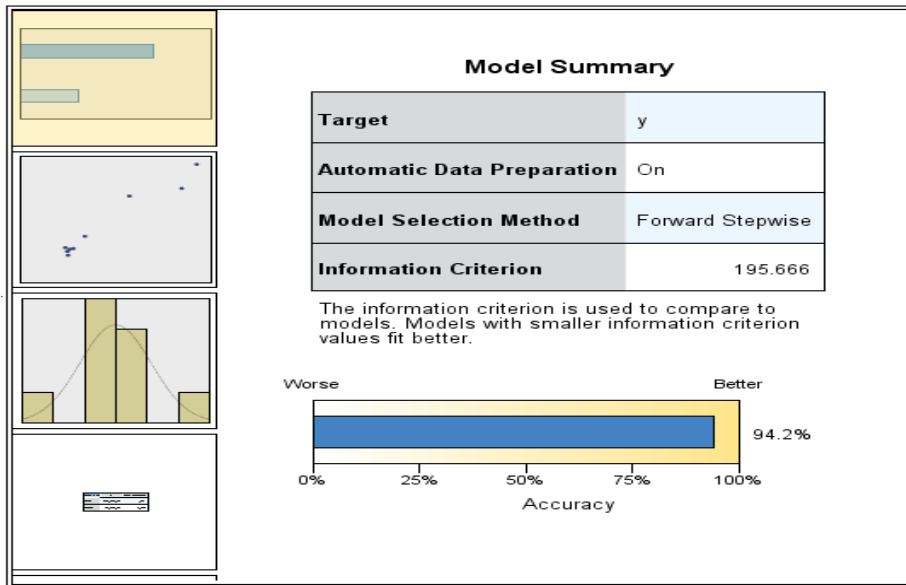
تحلیل داده‌های زیر حوضه گل گل

داده‌های جدول ۳ و ۴ در نرم‌افزار SPSS21 تحلیل و بی بعدسازی شد تا از یک واحد یکسان برخوردار باشد و درجه‌ی تأثیرگذاری آن تحت دامنه‌ی واحد قرار نگیرد. در مرحله‌ی بعدی، داده‌ها با استفاده از مدل‌های رگرسیونی تجزیه و تحلیل شد که بهترین مدل‌ها در این تحلیل یعنی مدل‌های گام به گام (Stepwise) و روبه جلو یا پیش‌رونده

(forward)، رابطه‌ی همبستگی متغیرها را نشان داد (شکل ۹). رابطه‌ی رگرسیونی چند متغیره در حوضه‌ی گل گل نشان داد که متغیر مساحت و شیب زمین لغزش، معنی‌دار است و بیشترین تأثیر را بر رسوب در این زیر حوضه دارد. در جدول ۵، همبستگی رگرسیون خطی چند متغیره و در جدول ۶ و ۷، ضرایب همبستگی رگرسیون خطی چند متغیره در حوضه آبخیز گل گل نشان داده شده‌است.

جدول ۵: همبستگی رگرسیون خطی چند متغیره زمین لغزش‌های زیر حوضه‌ی گل گل

Correlations	y	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	
Pearson Correlation	y	1	0.874	0.763	0.855	0.737	0.736	0.55	0.828	0.839	0.775	0.741
مساحت لغزش	x1	0.874	1	0.976	0.98	0.962	0.962	0.839	0.795	0.531	0.98	0.96
طول	x2	0.763	0.976	1	0.95	0.993	0.993	0.879	0.701	0.365	0.998	0.989
عرض	x3	0.855	0.98	0.95	1	0.951	0.951	0.87	0.703	0.484	0.963	0.946
حجم	x4	0.737	0.962	0.993	0.951	1	1	0.907	0.624	0.33	0.996	0.999
مقدار	x5	0.736	0.962	0.993	0.951	1	1	0.907	0.624	0.33	0.996	0.999
فاصله تا ایستگاه	x6	0.55	0.839	0.879	0.87	0.907	0.907	1	0.438	0.119	0.884	0.899
فاصله تا آبراهه اصلی	x7	0.828	0.795	0.701	0.703	0.624	0.624	0.438	1	0.734	0.686	0.62
شیب متوسط	x8	0.839	0.531	0.365	0.484	0.33	0.33	0.119	0.734	1	0.377	0.349
میزان گسیختگی	x9	0.775	0.98	0.998	0.963	0.996	0.996	0.884	0.686	0.377	1	0.993
حجم مواد	x10	0.741	0.96	0.989	0.946	0.999	0.999	0.899	0.62	0.349	0.993	1
Sig. (1-tailed)	y	.	0.001	0.008	0.002	0.012	0.012	0.063	0.003	0.002	0.007	0.011
مساحت لغزش	x1	0.001	.	0	0	0	0	0.002	0.005	0.071	0	0
طول	x2	0.008	0	.	0	0	0	0.001	0.018	0.167	0	0
عرض	x3	0.002	0	0	.	0	0	0.001	0.017	0.093	0	0
حجم	x4	0.012	0	0	0	.	0	0	0.036	0.193	0	0
مقدار	x5	0.012	0	0	0	0	.	0	0.036	0.193	0	0
فاصله تا ایستگاه	x6	0.063	0.002	0.001	0.001	0	0	.	0.119	0.38	0.001	0
فاصله تا آبراهه اصلی	x7	0.003	0.005	0.018	0.017	0.036	0.036	0.119	.	0.012	0.021	0.037
شیب متوسط	x8	0.002	0.071	0.167	0.093	0.193	0.193	0.38	0.012	.	0.158	0.179
میزان گسیختگی	x9	0.007	0	0	0	0	0	0.001	0.021	0.158	.	0
حجم خاک	x10	0.011	0	0	0	0	0	0	0.037	0.179	0	.



شکل ۹: رابطه‌ی رگرسیونی چند متغیره زمین لغزش و رسوب در زیر حوضه‌ی گل گل

جدول ۶: ضریب همبستگی چند متغیره زمین لغزش‌های زیر حوضه‌ی گل گل در مدل

Model Summary ^c						
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics	
					R Square Change	F Change
1	.870a	0.757	0.722	77222.68	0.757	21.797
2	.977b	0.955	0.94	35958.42	0.198	26.284

a. Predictors: (Constant), x1
 b. Predictors: (Constant), x1, x8
 c. Dependent Variable: y

جدول ۷: نتایج رگرسیون خطی چند متغیره زمین لغزش‌های زیر حوضه گل گل

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	14992.57	34048.22		0.44	0.673
	x1	0.999	0.214	0.87	4.669	0.002
2	(Constant)	57899	21295.73		-2.719	0.035
	x1	0.679	0.118	0.591	5.777	0.001
	x8	258.336	50.389	0.525	5.127	0.002

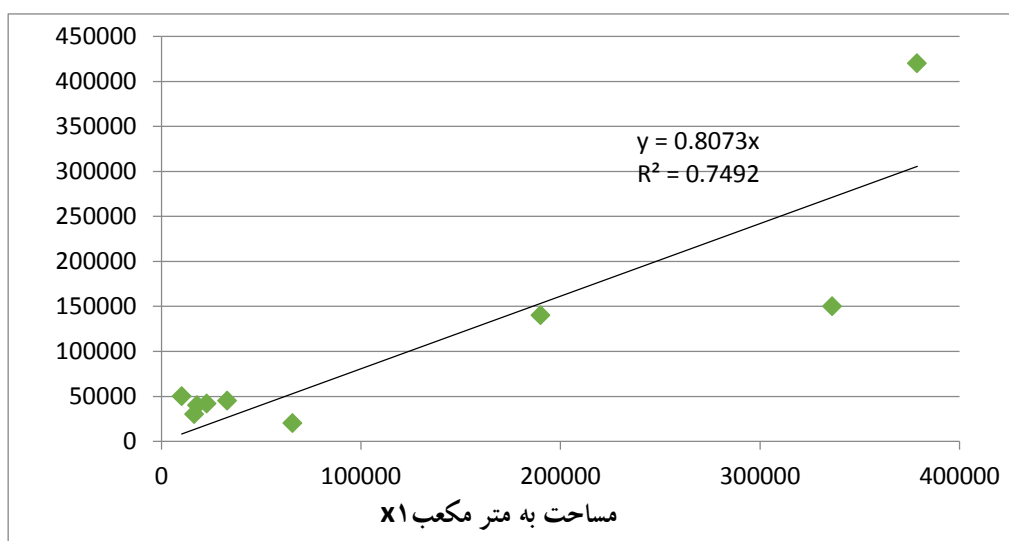
a. Dependent Variable: y

$$Y=57899+0.591x1+0.525x8$$

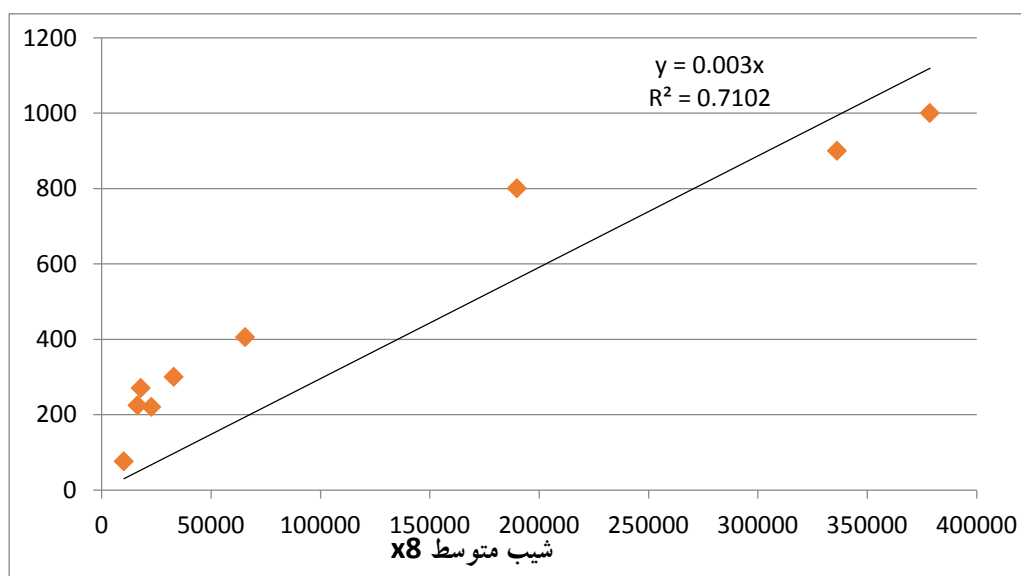
رابطه‌ی رگرسیون خطی زمین لغزش و رسوب در زیر حوضه گل گل

تحلیل روابط زمین لغزش و رسوب

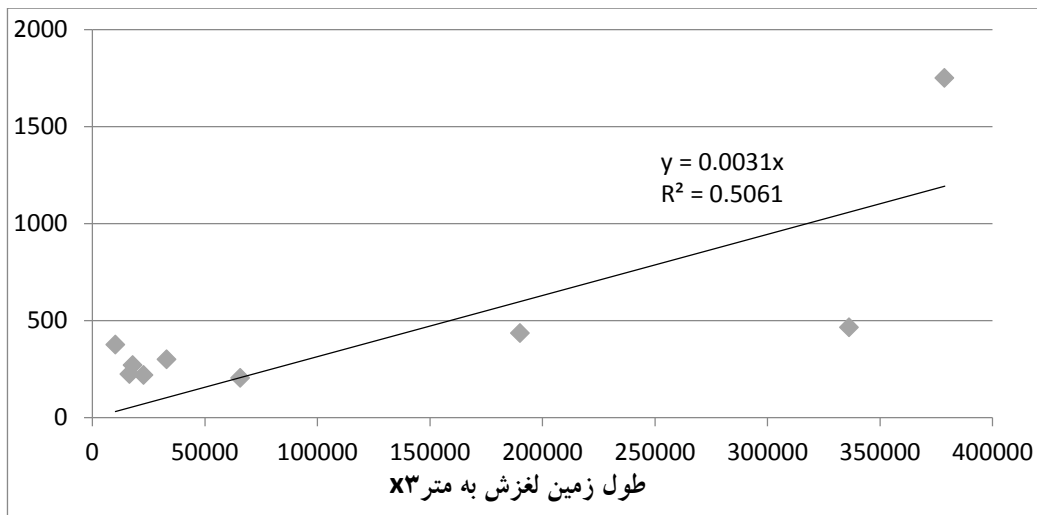
نتایج آماری داده‌ها نشان داد که رگرسیون چند متغیره (چندگانه) روشی مناسب است و ارتباط غیر خطی را در سیستم ژئومورفولوژیکی حوضه آبخیز تأیید می‌کند. از طرفی می‌توان معنی‌داری درون‌داد پارمترها را با هم در این روش ارزیابی کرد، این در حالی است که اگر یک متغیر یا حتی دو متغیر مستقل با متغیر وابسته رسوب تحلیل شود، رابطه‌ی خطی نشان داده می‌شود که در اشکال ۱۰ تا ۱۲ آورده شده‌است. بنابراین، نمی‌توان قضاوت کرد که مثلاً متغیر مساحت با افزایش یا کاهش رسوب رابطه‌ی مستقیمی دارد، بلکه نیاز است این فرایند در شرایط حوضه آبخیز و با در نظر گرفتن دیگر متغیرهای تأثیرگذار زمین لغزش در رسوب تحلیل شود. بنابراین، ارتباط غیر خطی بین متغیرهای مؤثر زمین لغزش بر بار رسوبی حوضه پذیرفته می‌شود.



شکل ۱۰: رابطه‌ی رگرسیونی متغیر مساحت زمین لغزش و رسوب در زیر حوضه گل گل



شکل ۱۱: رابطه‌ی رگرسیونی متغیر شیب متوسط زمین لغزش و رسوب در زیر حوضه گل گل



شکل ۱۲: رابطه‌ی رگرسیونی متغیر طول زمین لغزش و رسوب در زیر حوضه گل گل

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق، دو مدل تحلیل خودهمبستگی فضایی موران و تحلیل رگرسیونی معرفی شد. این روش در بررسی ارتباط زمین لغزش و رسوب در حوضه آبخیز، می‌تواند نوآوری باشد. با استفاده از مدل تحلیل خودهمبستگی فضایی در این حوضه، علت فعالیت زمین لغزش‌ها و لیتولوژی تپه مارنی سازند گورپی معرفی شد که هر عامل برون‌داد (زمین لرزه، تکتونیک، بارش و عامل انسانی مثل ترانشه‌های جاده‌ای و ...) بر سیستم حوضه، به راحتی می‌تواند زمین لغزش را فعال کند. ۱۰ خصیصه‌ی زمین لغزش، به عنوان متغیرهای مستقل تأثیرگذار بر بار رسوبی در حوضه آبخیز معرفی شد و نتایج تحلیل‌ها نشان داد که بین زمین لغزش و رسوب ناشی از آن، روابط غیر خطی حاکم است. می‌توان این تحقیق را با تحقیقاتی که یک یا دو متغیر را در نظر گرفته‌اند، مقایسه کرد؛ از جمله تحقیق پاچایوری^۱ و همکاران (۱۹۹۰). آنها در این تحقیق، رابطه‌ی میان رسوب‌زایی حوضه‌ها و درجه خطر زمین لغزش را بررسی کرده و معتقدند این رابطه، خطی است. امیر احمدی و همکاران (۲۰۱۷) به مدل‌سازی رابطه‌ی بین مساحت و حجم زمین لغزش مطالعه موردی: حوضه بقیع نیشابور، ایلدرمی، (۱۳۹۰) تحلیل مورفومتری زمین لغزش در حوضه آبخیز سد اکباتان و برآورد رسوب آنها پرداخته و طول و عرض و مساحت زمین لغزش را در نظر گرفتند. پیروان و همکاران (۱۳۹۶)، به بررسی تأثیر زمین لغزش‌ها بر بار رسوبی رودخانه‌ی جاجرود پرداختند. انصاری و همکاران (۱۳۹۶) نیز به برآورد رسوب ناشی از زمین لغزش، شیرانی و مطهری‌نیا (۱۳۹۵) به بررسی تأثیر زمین لغزش بر میزان تولید رسوب و نیک‌اندیش (۱۳۸۹) نیز به بررسی تأثیر زمین لغزش‌ها در رسوب‌زایی حوضه کارون میانی پرداختند. در بیشتر تحقیقات ذکر شده به برآورد کمی رسوب ناشی از زمین لغزش پرداخته شد، اما با تفکر خطی بودن یک یا دو متغیر در افزایش رسوب. نوآوری دیگر این تحقیق، رد این تفکر است که این نتایج در ضریب تبیین شاخص‌ها به ترتیب متغیرهای مساحت ۰/۸۷۴، عرض زمین لغزش ۰/۸۵۵، شیب متوسط زمین لغزش ۰/۸۳۹، فاصله تا آبراهه‌ی اصلی ۰/۸۲۸، میزان گسیختگی ۰/۷۷۵، طول زمین لغزش ۰/۷۶۳، حجم مواد تشکیل‌دهنده‌ی زمین لغزش ۰/۷۴۱، حجم زمین لغزش ۰/۷۳۷، مقدار زمین لغزش ۰/۷۳۶ و متغیر فاصله‌ی زمین لغزش تا ایستگاه اندازه‌گیری رسوب ۰/۵۵۲ است. بنابراین، فرمول‌نویسی رگرسیونی چند گانه در شرایط سیستمی حوضه آبخیز

^۱ Pachauri

با متغیر مساحت و شیب متوسط انجام شد. متغیر عرض زمین لغزش با مقدار بیشتر ضریب تبیین نیز در نتایج مدل و فرمول رگرسیونی قرار نمی گیرد. این امر به اثبات غیر خطی بودن روابط رسوب ناشی از زمین لغزش در حوضه آبخیز گل گل منجر می شود؛ حال اینکه اگر از رابطه‌ی خطی و یک متغیره استفاده می شد، به اشتباه به تأثیر عرض زمین لغزش در رسوب براساس ضریب تبیین خروجی نسبت به متغیر شیب متوسط زمین لغزش پرداخته می شد که در این تحقیق این امر رعایت شده است. البته می توان با اجرای این مدل‌ها در دیگر حوضه‌های آبخیز دارای زمین لغزش، نتایج را مقایسه و مدل‌ها را تبیین کرد. به طور کلی، ضریب تبیین همه‌ی پارمترها در شرایط حوضه آبخیز با مدل گام به گام به میزان ۹۴/۲ است که روابط منطقی داده‌ها را در رگرسیون چند گانه تبیین می کند که تدقیق انتخاب شاخص‌ها و روابط آنها با دبی پیک رسوبی از لحاظ تاریخ رخداد زمین لغزش و محاسبات تحلیل فضایی، رسوب ناشی از زمین لغزش را نشان می دهد.

منابع

1. Ahmadzadeh, H.; Roustaei, Sh.; Nikjou, MR.; & M. Dehghani, 2016. Estimation of Slider Mass Space and Mass Space Using InSAR Techniques and GPS Observations (Case Study of Slippery Area in Sulfur Village), *Quantitative Geomorphology Researches*, 4 (2), 18 - 28. (in Persian).
2. Asgari, A., 2011. Spatial Statistics Analysis with ARCGIS, Publication, *Tehran Municipality Information and Communication Technology Organization*, 127 pages. (in Persian).
3. Ansari et al., 2017. Estimation of Landslide Sedimentation Using SHETRAN Model (Case Study: Zidasht Watershed (2) - Taleghan), *Iranian Journal of Natural Resources (Watershed Rangeland Journal)*, 70 (3), 617-605. (in Persian).
4. Amirahmadi, A.; akbari1, E.; & S. pourhashemi, 2017. Modeling the Relation between Area and Volume of Landslide (Case study: Neyshabour Baqi Basin), 26 (3), 81-98. (in Persian).
5. Betts, H.; LesBasher, L.; Dymond, J.; & A. Herzig, 2017. Development of a landslide component for a sediment budget model, *Environmental Modelling & Software*, 92, 28 - 39, <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.02.003>.
6. Borgomeo, E.; Hebditch, K. V.; Whittaker, A. C.; & L. Lonergan, 2014. Characterising the spatial distribution, frequency and geomorphic controls on landslide occurrence, Molise, Italy, *Geomorphology*, 226, 148-161.
7. Chen, H.; Lin, G.W.; Lu, M. H.; Shih, T. Y.; Horng, M. J.; Wu, S. J.; & B. Chuang, 2011. Effects of topography, lithology, rainfall and earthquake on landslide and sediment discharge in mountain catchments of southeastern Taiwan. *Geomorphology*, 133, 132-142. doi:10.1016/j.geomorph.2010.12.031.
8. Corominas, J.; van Westen, C.; Frattini, P.; Cascini, L.; Malet, J-P.; Fotopoulou, S.; Catani, F.; Van Den Eeckhaut, M.; Mavrouli, O.; Agliardi, F.; Pitilakis, K.; Winter, M. G.; Pastor, M.; Ferlisi, S.; Tofani, V.; Hervás, J.; & J. T. Smith, 2014. Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk, *Bull Eng Geol Environ*, 73, 209-263.
9. Dadson, S. J.; Hovius, N.; Chen, H.; Dade, W. B.; Lin, J. C.; Hsu, M. L.; Lin, C. W.; Horng, M. J.; Chen, T. C.; Milliman, J.; & C. P. Stark, 2004. Earthquake-triggered increase in sediment delivery from an active mountain belt, *Geology*, 32(8), 733-736. doi: 10.1130/G20639.1
10. Faraji Sabokbar, H.; Shadman Roodposhti, M.; & E. Tazik, 2014. Landslide susceptibility mapping using geographically-weighted principal component analysis, *Geomorphology*, 226, 15-24. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.07.026>. (in Persian).

11. Feizizadeh, B.; ShadmanRoodposhti, M.; Jankowski, P.; & T. Blaschke, 2014. A GIS-based extended fuzzy multi-criteria evaluation for landslide susceptibility mapping, *Computers and Geosciences*, 73, 208-221, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2014.08.001>. (in Persian).
12. Glade, T.; Anderson, M.; & M. J. Crozier, 2005. Landslide hazard and risk, *John Wiley and Sons Ltd England*, pp, 824.
13. Hsu, S. M.; Wen, H. Y.; Chen, N. C.; Hsu, S. Y.; & S. Y. Chi, 2012. Using an integrated method to estimate watershed sediment yield during heavy rain period: a case study in Hualien County, Taiwan, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, 1949-1960.
14. Ildermi, AS., 2011. Morphometric analysis of landslide in Ekbatan dam watershed and sediment estimation, *Journal of Geography and Planning*, 16 (37), 33-1. (in Persian).
15. Jakab, G.; Madarász, B.; Örsi, A.; Szalai, Z.; & A. Kertész, 2012. Gullies of tow Hungarian region- a case study, *Hungarian Geographical Bulletin*, 60(40), 325-342.
16. Shariat Jafari, M., & Ghayomian, J., (2009). Relationship between Slope Failure and Sediment Yield in Central Talegan Watershed. Earth Science Publication. 57, www.ngdir.ir. (in Persian).
17. Rymaszewicza, M.; O'Sullivanb, J.; Turnerc, J. N.; Lawlerd, D. M.; Harringtone, J. R.; Conroy, E.; & F. M. Kelly-Quinnng, 2018. Modelling spatial and temporal variations of annual suspended sediment yields from small agricultural catchments, *Science of The Total Environment*, Pages: 672-684.[on line]:<https://doi.org/101016/j.scitotenv.2017.10.134>.
18. Piravan, H. R.; Shariatjafari, M.; & D. Lotfalazadeh, 2016. Impact of Landslides on Sedimentary Load of Jajrood River, *Watershed Engineering and Management*, 9 (2), 189-179. (in Persian).
19. Talaei, R., 2014, Landslide Susceptibility Zonation Mapping Using Logistic Regression and its Validation in Hashtchin Region, Northwest of Iran, *Journal Geological Society of India*, 84, 68-86. DOI 10.1007/s12594-014-0111-5. (in Persian).
20. Tsai, Z. X.; You, G. J. Y.; Lee, H. Y.; & Y. J. Chiu, 2012. Modeling the sediment yield from landslides in the Shihmen Reservoir watershed, *Taiwan. Earth Surface Processes and Landforms*, 38 (7), 661-674. DOI: 10.1002/esp.3309.
21. Yarahmadi and Roostai., 2015. simulated erosion and sedimentation caused by landslides Using Geo WEPP (Case Study: Mianeh Garmchay basin), *quantitative geomorphology research*, Issue II,119-133. (in Persian).

Introduction of proper model of land slide relationship on sediment in GolGol basin system

Shamsolah Asgari¹: Assistant professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ilam, Iran.

Samad Shadfar : Associate professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Mohammad Reza Jafari: Assistant professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ilam, Iran.

Article History (Received: 2019/03/3 Accepted: 2019/10/01)

Extended abstract

1- Introduction

Investigating the relationship between landslides in sediment production in watersheds is one of the most important issues in the management of watersheds. The purpose of this research is to introduce a suitable model for the effect of landslide on sediment load in Gol Gol watershed in Ilam province, with the assumption that the linear relationship between the indices of landslide influence on the sediment load of the basin is dominant. Therefore, the data of Flood Basin sedimentation in two observation and annual observation methods were estimated by using the sediment curve within the groups during the 30-year period. Active basin landslides had been identified using satellite imagery and field analysis and had been analyzed using spatial correlation models in the GIS software environment. The results showed that Moran spatial autocorrelation model is the best model and landslide of cluster pattern. After analysis of factors in the overlapping model of indices, the cause of cluster pattern of landslides were introduced marl lithology of Gurpi Formation. The results of quantitative analysis of variables in the statistical software, correlated in one and two-variable regressions, showed a linear relationship between the indicators of landslide on sediment load of the basin, but this correlation in multivariate regressions showed that nonlinear relationship between the indicators of influence Landslide dominates the sediment load in this basin, and the mean slope index of landslides with a coefficient of explanation of 0.997 and landslide area with a coefficient of explanation of 0.870 has the most effect on sediment load in this basin. Of course, the use of this research method can provide better results in future research.

2- Methodology

Assuming that the linear relationship between the landslide indexes is dominant over sediment load of the basin. Flood discharge basin data were analyzed in two observational and annual methods using the sediment curve of the middle classes during the 30-year period. The active lake landslides have been analyzed using spatial correlation model of mooran and this spatial analysis has shown that landslides are of cluster pattern and spatial autocorrelation is related to the indices of landslide and sediment load in the basin. There are several methods for estimating suspended sediment load. In this study, the power relationship between flow discharge and suspended sediment flux, known as depositional curve, is used. The data of water flow and discharge of the Seduce Glommed hydrometric stations were obtained from the regional waters of Ilam province. At first, daily, monthly and annual sedimentation rates were calculated over the entire statistical period. Then, the method of drawing the curve of sediment was used as the middle method. The sediment curve is plotted using statistical data of discharge flow and sediment discharge. The data series for the statistical period were used to plot the sediment yield curve. According to the available hydrometric station data, in which the annual discharge of the

¹ Corresponding Author: shamsasgari@yahoo.com

deposit was recorded simultaneously with the flow rate several times, the sediment curve was plotted on a logarithmic scale.

3- Results

The results of 9 active landslides in the basin area are shown as independent variables and sediment as a dependent variable in the mud GOLGOL basin. These data are analyzed in SPSS21 software and the data in the software is bi-dimensional zed to have the same unit to not have the degree of impact under the single domain. In the next step, using regression models are analyzed that step models Stepwise, forward or forward, are the best models for analyzing the correlation of variables. In general, the mean of the correlation of data is significant and in the multivariate (multiple), regression is a non-linear relationship, while if a variable or even two independent variables are analyzed with a dependent variable of the deposition, the linear relationship is shown, so that it cannot be judged, for example, the variable area has a direct relation with the increase or decrease of sediment, but it is necessary to be analyzed in the conditions of the catchment area, and taking into account the other variables that influence the landslide in the sedimentation of this process. Therefore, nonlinear relationship.

4- Discussion & Conclusions

The results showed that the cluster pattern of landslides was marl lithology of the Gourpi Formation and the best model was Moran spatial autocorrelation. Correlation in one and two-variable regressions shows a linear relationship between the indices of landslides influence on sediment load of the basin, but correlation in multivariate regression showed that non-linear relationship between the indices of landslide on sediment load in this basin is dominant and The mean slope index of landslides with a coefficient explanation of 0.997 and landslides area with a coefficient of explanation of 0.870 had the most effect on sediment load in this basin.

Key Words: Sedimentary Load, GOLGOL Basin, Landslide, Indices, Moran Model.