



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال هجدهم، شماره ۶۳
پاییز ۱۳۹۷، صفحات ۳۱۸-۲۹۹

*شمس الله عسگری^۱
عزت الله قنواتی^۲
صمد شادفر^۳

تحلیل فضایی شاخص‌های تأثیرگذار زمین لغزش‌ها بر بار رسوبی حوضه سد ایلام

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۱۶

چکیده

تحلیل شاخص‌های تأثیرگذار زمین لغزش بر بار رسوب و معرفی مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر بار رسوب در حوضه‌های آبخیز متفاوت، از مسائل مدیریت حوضه‌های آبخیز، ضرورت و اهمیت توسعه پایدار است. هدف این تحقیق تحلیل شاخص‌های تأثیرگذار زمین لغزش بر بار رسوبی در حوضه آبخیز است. با این فرض که رابطه خطی بین شاخص‌های تأثیرگذار زمین لغزش بر بار رسوبی حوضه حاکم است. داده‌های دبی رسوب دو زیرحوضه گل گل و زیرحوضه چاویز از حوضه سد ایلام در طول دوره آماری تحلیل و برآورد شد. زمین لغزش‌های فعال حوضه‌ها با استفاده از مدل شاخص همپوشانی لایه‌ها تحلیل شده‌اند و این تحلیل نشان داد که زمین لغزش‌ها از الگوی تجمعی برخوردارند و رابطه خودهمبستگی بر شاخص‌های تأثیرگذار زمین لغزش و بار رسوبی در حوضه حاکم است. نتایج نشان داد که علت تجمیع زمین لغزش‌ها در پهنه‌بندی شاخص همپوشانی لایه‌ها، لیتولوژی مارنی سازند گورپی می‌باشد. همبستگی در رگرسیون یک و دو متغیره رابطه خطی بین شاخص‌های تأثیرگذار زمین لغزش بر بار رسوبی حوضه نشان می‌دهد، اما همبستگی در رگرسیون چند متغیره نشان داد که ارتباط غیرخطی بین شاخص‌های تأثیرگذار

*۱- مربی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران. (نویسنده مسئول).
E-mail: Shamsasgari@yahoo.com

۲- گروه ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

۳- پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی تهران، ایران.

زمین لغزش بر بار رسوبی در این زیرحوضه‌ها حاکم است و از بین شاخص‌ها، شیب متوسط زمین لغزش‌ها با ضریب تبیین ۰/۹۹۷ و مساحت زمین لغزش با ضریب تبیین ۰/۸۷۰ بیش‌ترین تاثیر بر بار رسوبی در زیر حوضه گل گل و شاخص‌های فاصله تا آبراهه اصلی با ضریب تبیین ۰/۹۷۴ و طول زمین لغزش و سطح گسیختگی با ضریب ۰/۸۷۸ بیش‌ترین تاثیر بر بار رسوبی در زیر حوضه چاویز دارند؛ بنابراین نمی‌توان قضاوت کرد که مثلاً متغیر مساحت رابطه مستقیمی با افزایش و یا کاهش رسوب دارد بلکه نیاز است که در شرایط حوضه آبخیز و در نظر گرفتن دیگر متغیرهای تاثیرگذار زمین لغزش در رسوب این فرآیند تحلیل شود.

کلید واژه‌ها: بار رسوبی، تحلیل شاخص‌ها، حوضه سد ایلام، زمین لغزش.

مقدمه

تحلیل شاخص‌های تاثیرگذار زمین لغزش بر بار رسوب حوضه‌های آبخیز از مسائل تحقیقاتی در حوضه‌های آبخیز، دارای زمین لغزش می‌باشد. سوابق تحقیق در ارتباط با تحلیل شاخص‌های زمین لغزش‌ها و در نظر گرفتن عوامل متعدد تاثیرگذار زمین لغزش بر بار رسوب در خارج و داخل کشور بسیار کم و نادر است اما طبق بررسی‌های انجام شده سوابقی آورده شده که به روش این تحقیق کمک زیادی شده است. تغییرات مکانی و فضایی رسوبات معلق سالانه از جریان رسوب سالانه در این تحقیق با توجه به تغییرات سالانه در متغیرهای هیدرولوژیکی در مدل‌های توسعه یافته، با استفاده از میانگین سالانه رواناب، میانگین سالانه جریان، (جریان در ۵ درصد از زمان (Q5) و بارش فصلی هر ساله مشاهدات جداگانه تخمین زده می‌شود). پارامترهای دیگر موجود در مدل‌ها نشان دهنده تفاوت‌های فضایی تحت تاثیر عوامل 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) توصیف گره‌های رسوب همراه با متغیرهای هیدرولوژیکی سالانه می‌توانند تحلیل فضایی و تغییرات بین سالیانه رسوبات معلق را توضیح دهند. این روش با به‌دست 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 مدل‌سازی رسوبات معلق در سیستم‌های کوچک رودخانه نشان می‌دهد (Rymaszewicz and Harley Betts et al, 2017).

در تحقیقی در استرالیا روابط زمین لغزش-شیب به صورت فضایی مدل‌سازی رسوبات با استفاده از مدلی بنام Sed NetNZ ارائه شده تا سهم متوسط رسوب سالانه بلند مدت از زمین لغزش کم عمق و توزیع فضایی آن فراهم شود. در این تحقیق شاخص شیب و تاثیر زمین لرزه کم عمق بیش‌ترین تاثیر در رسوب زایی زمین لغزش معرفی شده است (Harley Betts 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 زمین‌لغزش‌ها و مساحت زمین‌لغزش و به‌کارگیری داده‌های دورسنجی و تکنیک‌های تداخل‌سنجی قابل‌محاسبه می‌باشد. در این پژوهش اطلاعات مربوط به تعداد ۲۶ زمین‌لغزش در منطقه‌ی قطور، شامل مساحت، حجم و عمق با استفاده از ۲۵ تصویر سنجنده ASAR ماهواره ENVISAT و الگوریتم StaMPS و SBAS در تکنیک InSAR تهیه شد. سپس یک رابطه تجربی برای برآورد حجم توده‌ی لغزشی گوگرد به‌کار برده شد محاسبات نشان داد که در طی ۷ سال اخیر با احتساب متوسط طول، عرض و عمق جابجایی به‌ترتیب ۲۶۰۰، ۸۰۰ و ۳۵ متر، مجموع سطح جابجایی و حجم مواد جابجا شده معادل $106 \text{ m}^2 * 2$ و $107 \text{ m}^2 * 7.3$ می‌باشد (Ahmadzadeh et al, 2016).

مدل‌سازی ارتباط بین مساحت و حجم زمین‌لغزش مطالعه موردی: حوضه بقیع نیشابور، شناسایی پهنه‌های حساس به زمین‌لغزش و همچنین برآورد حجم حائز اهمیت است. در این تحقیق، به منظور برآورد حجم زمین‌لغزش ابتدا اطلاعات مربوط به عمق و مساحت لغزش‌ها گردآوری و پس از رعایت فرضیات رگرسیونی، یک مدل رگرسیونی توانی به‌دست آمد که با ۱۷ رابطه‌ی ارائه شده در دنیا نیز مقایسه شد. نتایج این تحقیق نشان داد که مقادیر حجم برآورد شده توسط رابطه ارائه شده برای حوضه بقیع همخوانی نسبتاً خوبی با داده‌های مشاهده‌ای و برخی روابط موجود دارد که نشان دهنده‌ی کارایی رابطه ارائه شده می‌باشد (Amir Ahmadi et al, 2017).

مواد و روش‌ها

- ویژگی زیر حوضه‌های سرجوی گل‌گل و زیر حوضه چاوین

زیر حوضه سرجوی گل‌گل شریان اصلی سد ایلام می‌باشد که آب شهر ایلام را تامین می‌کند و در جنوب‌شرق شهر ایلام و شمال حوضه 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 گرفته و مساحت زیر حوضه سرجوی گل‌گل ۲۹۰۷۹ هکتار است. میانگین بارندگی ۶۸۶ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت ۱۸ درجه سانتی‌گراد، نوع اقلیم نیمه مرطوب معتدل، 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 گرفته است، شیب متوسط ۲۴/۳ درصد، ضریب گردی شکل حوضه ۱/۴۷، مستطیل معادل با طول ۲۴/۱۵ کیلومتر و عرض ۱۲/۳۱ کیلومتر، تراکم آبراهه ۲/۸ در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، زمان تمرکز ۱/۴ در ساعت می‌باشد. تشکیلات زمین‌شناسی زیرحوضه گل‌گل سازندهای سروک، سورگاه، ایلام، پابده، گورپی، گچسارن و رسوبات کواترنری است.



شکل ۱: یک نمونه زمین لغزش با کد ۱۵ در زیرحوضه گل گل

- زیر حوضه چاويز

زیر حوضه چاويز در شرق حوضه سد ایلام در موقعیت جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه و ۵ ثانیه تا ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه و ۱۳ ثانیه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۲۰ دقیقه و ۱۰ ثانیه تا ۴۶ درجه و ۳۰ دقیقه و ۱ ثانیه طول شرقی قرار گرفته و مساحت زیر حوضه چاويز ۱۴۱۳۱ هکتار است. میانگین بارندگی ۵۶۷ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت ۱۸ درجه سانتی‌گراد، نوع اقلیم نیمه مرطوب معتدل، بلندترین نقطه ارتفاعی ۱۹۰۰ متر و حداقل ارتفاع زیر حوضه در ایستگاه هیدرومتری چاويز ۱۱۰۰ متر است. این زیر حوضه با متوسط ارتفاعی ۱۵۰۰ متر در واحد ژئومورفولوژیکی کوهستان قرار گرفته است، شیب متوسط ۲۵/۳ درصد، ضریب گردی شکل حوضه ۱/۱۸، مستطیل معادل با طول ۱۵/۷۵ کیلومتر و عرض ۹/۱۸ کیلومتر، تراکم آبراهه ۳/۲ در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، زمان تمرکز ۱/۲ در ساعت می‌باشد. تشکیلات زمین‌شناسی زیرحوضه چاويز سازندهای سروک، سورگاه، ایلام، پابده، گورپی و رسوبات کواترنری است. در این تحقیق از دو مدل تحلیل رگرسیونی و مدل شاخص همپوشانی لایه‌ها جهت تحلیل متغیرهای تأثیرگذار در مکان‌یابی مناطق زمین لغزشی در سطح حوضه و با وزن دهی به عوامل تأثیرگذار در ایجاد زمین لغزش به معرفی مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در زمین لغزش حوضه آبخیز و از مدل‌های همبستگی رگرسیونی یک و چندگانه، متغیرهای تأثیر گذار زمین لغزش در یک حوضه آبخیز بر رسوب تحلیل آماری شده است. داده‌های ورودی مدل شاخص همپوشانی شامل: لایه طبقات ارتفاعی، لایه شیب، لایه جهت شیب و لایه دوری و نزدیکی زمین لغزش به آبراهه‌ها که از نقشه توپوگرافی منطقه استخراج شده است، لایه دوری و نزدیکی زمین لغزش به غسل و نوع سازند و لیتولوژی حوضه آبخیز با استفاده از نقشه زمین‌شناسی و لایه بارش از ایستگاه باران‌سنجی منطقه و لایه دوری و نزدیکی به جاده و لایه کاربری زمین با استفاده از نقشه‌های پایه و تصاویر ماهواره‌ای تهیه شده است و بعد از وزن دهی در محیط GIS

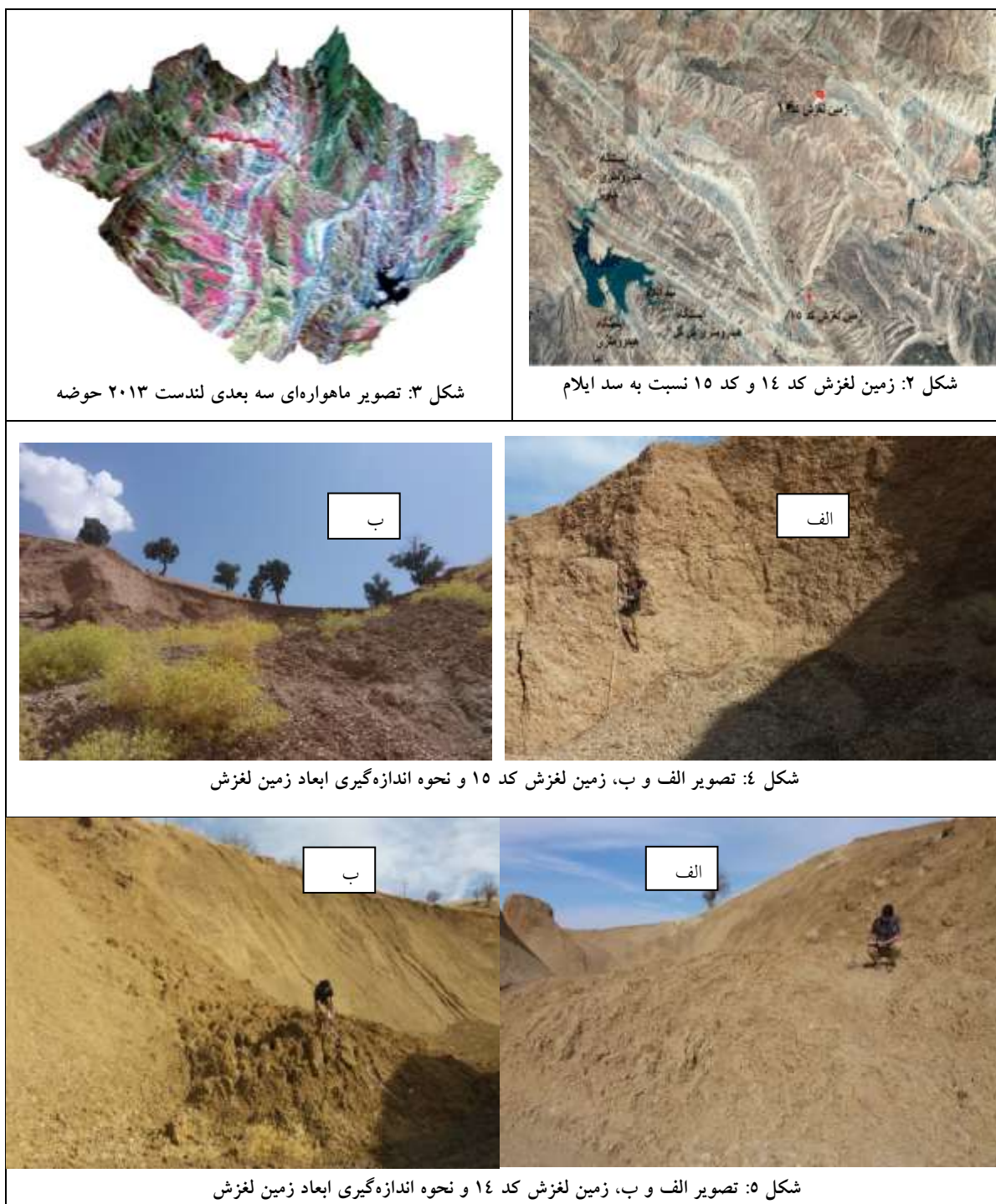
مهم‌ترین عوامل تاثیر گذار در زمین لغزش معرفی شده است و مناطق احتمال خطر زمین لغزش در حوضه مشخص شده است. ابتدا لایه‌ای از همه زمین لغزش‌ها، از زمین لغزش‌های احتمالی و به وقوع پیوسته تهیه شده است و جهت تدقیق با عملیات میدانی زمین لغزش‌های فعال ثبت شده است. قبل از هر نوع تحلیلی از زمین لغزش و ارتباط آن با شرایط محیطی باید داده‌های همچون توزیع مکانی، تاریخچه فعالیت، مورفومتری و ... آن‌ها در دست باشد. تفکیک ناپایداری دامنه‌ای براساس درجه فعالیت زمین لغزش‌ها مهم است، چرا که تأثیر گسیختگی‌های دامنه‌ای بر فرسایش و رسوب‌دهی حوضه براساس زمان و مکان فعالیت آن‌ها ارزیابی می‌شود، به طوری که موقعیت زمین لغزش بر روی دامنه‌ها در میزان رسوب تحویلی به رودخانه دخالت مستقیم دارد (Chuang و Lin et al, 2008, Dadson et al, 2004) (2009).

با توجه به سوابق تحقیق که معمولاً با در نظر گرفتن یک یا دو متغیر تاثیرگذار زمین لغزش بر بار رسوب انجام شده و نتایج با ارتباط یک یا دو متغیر در مدل رگرسیونی خطی ارائه شده است و به دیگر متغیرها توجهی نشده است در این تحقیق همه متغیرهای تاثیرگذار با ثبت دقیق مشخصات زمین لغزش‌های فعال، تاریخ وقوع زمین لغزش، لیتولوژی، ژئومتری شامل شاخص‌های مساحت زمین لغزش به مترمربع، طول زمین لغزش به متر، عرض زمین لغزش به متر، حجم زمین لغزش به متر مکعب، مقدار زمین لغزش به تن، فاصله زمین لغزش تا آبراهه 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 با استفاده از متر دستی و دستگاه موقعیت یاب GPS اندازه‌گیری و در محیط ARCMAP با استفاده از روش‌های محاسباتی اطلاعات توصیفی و نقشه پراکنش مکانی زمین لغزش‌ها به صورت رقومی تهیه، ترسیم و پردازش شد. جهت تحلیل فضایی زمین لغزش‌ها و روابط متغیرهای مستقل برون‌داد و درون‌داد حوضه آبخیز در تحلیل مکانی زمین لغزش‌ها در سطح حوضه، ارتباط و اولویت‌بندی درجه تاثیر گذاری، شاخص‌های تاثیرگذار زمین لغزش به عنوان متغیرهای مستقل بر بار رسوبی داده‌ها از مدل تحلیل فضایی همپوشانی شاخص‌ها و رگرسیون خطی یک و چند متغیره استفاده شد.

یافته‌ها و بحث

- شناسایی زمین لغزش‌های حوضه سد ایلام

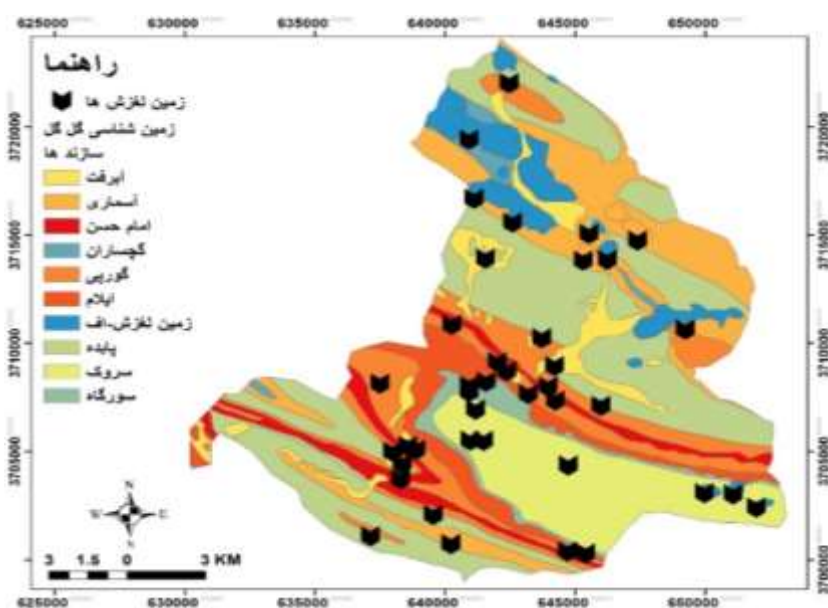
در این تحقیق از روش سیستمی ژئومورفولوژی محدوده حوضه با استفاده از نقشه توپوگرافی تهیه شده است. محدوده زمین لغزش‌ها با استفاده از عکس هوایی، تصاویر ماهواره‌ای ETM+ و Google Earth بر روی محدوده حوضه ترسیم شد. با بازدیدهای میدانی و پرسشنامه طراحی شده و ابزار توضیح داده شده در روش تحقیق، اطلاعات دقیق زمین لغزش‌ها ثبت شد. ۶۷ محدوده زمین لغزش شناسایی شد که مساحتی در حدود ۱۲۴۷ هکتار سطح حوضه را پوشش می‌دهند همچنین با توجه به کارشناسی لازم در محل ۱۶ رخداد زمین لغزش فعال با مساحتی در حدود ۱۶۵ هکتار تشخیص داده شده است. مراحل شناسایی زمین لغزش‌ها در (اشکال ۲، ۳، ۴، ۵) نشان داده شده است.



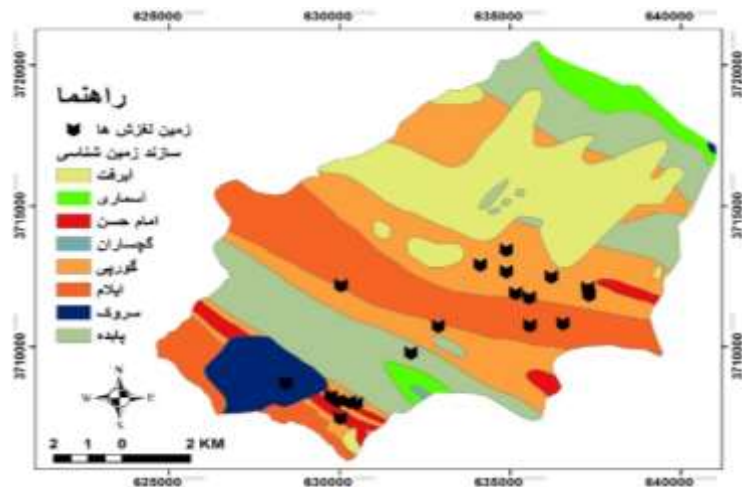
- بررسی متغیرهای اثرگذار بر زمین لغزش و رسوب در حوضه‌ها

در تحلیل شاخص همپوشانی لایه‌ها، متغیر شیب، کاربری اراضی، فاصله از شبکه آبراهه، بارش، زمین‌شناسی، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از گسل، فاصله از شبکه جاده‌ای با امتیازدهی وزنی همپوشانی شد. نتایج این تحلیل نشان داد که

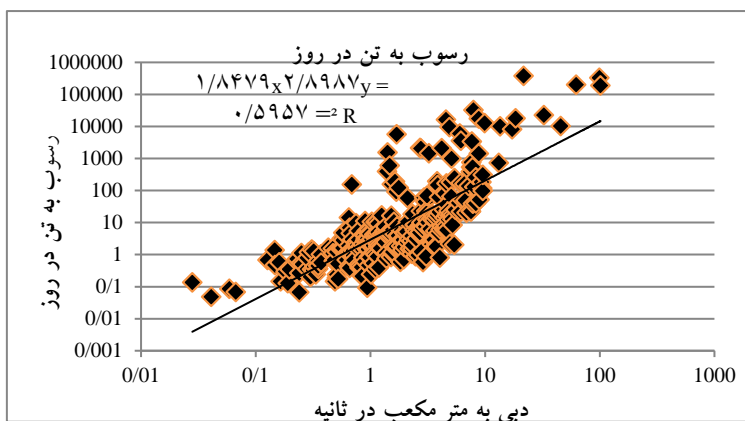
رابطه خطی و خودهمبستگی مکانی بین متغیرها با تجمیع زمین لغزش‌ها در پهنه‌هایی از حوضه آبخیز وجود دارد. چنانچه می‌دانیم تحلیل‌های رگرسیون خطی و بسیاری از تکنیک‌های آماری دیگر نیازمند آن هستند که مشاهدات مستقل از هم باشند با کمک ابزار خود همبستگی مکانی تحلیل همپوشانی لایه‌ها می‌توان دریافت که آیا داده‌ها از نظر مکانی مستقل از یکدیگر می‌باشند و یا خیر، بنابراین، در این تحقیق رابطه منطقی و ریاضی بین متغیرها وجود دارد و مهم‌ترین عامل تجمعی بودن زمین لغزش‌ها در مدل تحلیل مکان‌یابی شاخص همپوشانی عامل لیتولوژی مارنی سازند گورپی معرفی شد که از عوامل درون‌داد سیستم حوضه آبخیز می‌باشد و از بین عوامل برون‌دادی سیستم حوضه آبخیز بارندگی‌های سیل‌آسا و شدید می‌باشد که تقارن رخداد زمین لغزش و پیک دبی آب و پیک دبی رسوب همزمان با بارش‌های شدید در دوره برگشت‌های متفاوت این فرآیند را نشان می‌دهد و تاثیر زیادی در برهم زدن مارن‌های لغزشی سازند گورپی دارد. (شکل ۸) منحنی سنجه دبی آب و دبی رسوب در بارش‌های شدید در طول دوره نشان داده شده است و (شکل ۹) به‌طور نمونه آورده شده است همان‌طور که مشاهده می‌شود ۱۵ وقوع بارش شدید در سال (۱۳۸۸) ثبت شده است که اولین بارش سنگین در ۱۳ بهمن، رخداد زمین لغزش را به دنبال داشته است و پیک رسوبی از دبی آب بیش‌تر شده است این مقدار در حدود ۱۶ هزار تن رسوب معلق می‌باشد با توجه به ضریب منطقه‌ای در حدود ۱/۴ این مقدار در حدود ۲۲۴۰۰ تن رسوب می‌باشد. ۴۲۶ وقوع بارش با دبی بالاتر از میانگین در ایستگاه گل گل در طول دوره آماری ۳۰ ساله ثبت شده است با مقدار رسوب معلق ۱۵۵۶۸۶۰ تن که با ضریب منطقه‌ای ۲۱۷۹۶۰۴ تن رسوب که از این مقدار رسوب ۱۳۷۹۲۵۰ تن مربوط به ۹ رخداد زمین لغزش می‌باشد که با کسر مقدار رسوب متناظر با دبی آب مقدار رسوب حاصل از زمین لغزش‌ها ۵۸۶۷۶۳ تن می‌باشد که معادل ۲۶/۹۲ درصد از کل مقدار رسوب ایستگاه هیدرومتری گل گل می‌باشد.



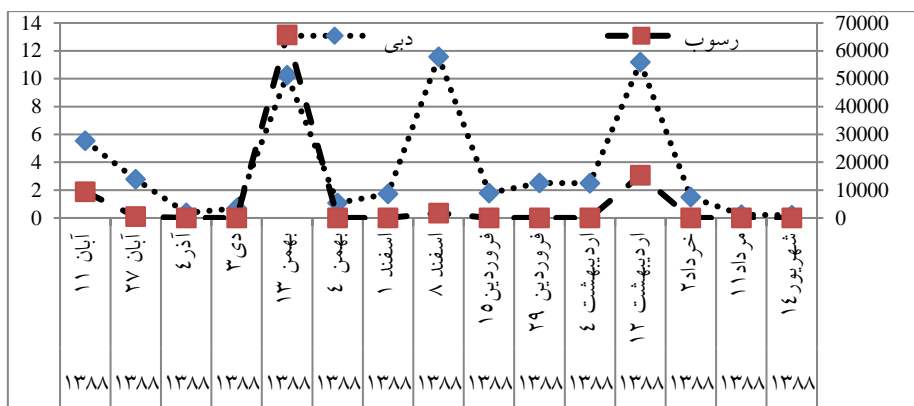
شکل ۶: همپوشانی لایه زمین لغزش و لایه زمین‌شناسی حوضه گل گل



شکل ۷: همپوشانی لایه زمین لغزش و لایه زمین شناسی حوضه چاويز



شکل ۸: نمودار منحنی سنجه دبی آب و دبی رسوب دوره آماری ۳۰ ساله در ایستگاه هیدرومتری زیرحوضه گل گل



شکل ۹: نمودار دبی آب و دبی رسوب سال (۱۳۸۸) ایستگاه هیدرومتری زیر حوضه گل گل

- ارتباط بین متغیرهای تاثیرگذار زمین لغزش ها بر بار رسوبی

نتایج داده‌های ثبت شده ۱۶ زمین لغزش فعال سطح حوضه‌ها به صورت متغیرهای مستقل و رسوب به عنوان متغیر وابسته در زیرحوضه چاويز در (جداول ۱ و ۲) نشان داده شده است. این داده‌ها در نرم‌افزار

SPSS21 تحلیل شده‌اند و داده‌ها در نرم‌افزار نامبرده بی بعد سازی شده تا از یک واحد یکسان برخوردار باشند تا درجه تاثیرگذاری تحت دامنه واحد قرار نگیرد در مرحله بعدی با استفاده از مدل‌های رگرسیونی، تجزیه تحلیل شده‌اند که مدل‌های گام به گام (Stepwise) و روبه جلو یا پیش رونده (forward) بهترین مدل‌ها در تحلیل همبستگی متغیرها می‌باشند. در همبستگی پیرسن^۴ متغیرهای مستقل (مساحت زمین لغزش به مترمربع، طول زمین لغزش به متر، عرض زمین لغزش به متر، حجم زمین لغزش به متر مکعب، مقدار زمین لغزش به تن، فاصله زمین لغزش تا آبراهه 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 متغیر وابسته رسوب به تن، نشان می‌دهد که به‌طور کلی میانگین همبستگی داده‌ها معنی دار و در رگرسیون چند متغیره (چندگانه) ارتباط غیرخطی است، در حالی که اگر یک متغیر یا حتی دو متغیر مستقل با متغیر وابسته رسوب تحلیل شود رابطه خطی نشان داده می‌شود بنابراین نمی‌توان قضاوت کرد که مثلاً متغیر مساحت رابطه مستقیمی با افزایش و یا کاهش رسوب دارد بلکه نیاز است که در شرایط حوضه آبخیز و در نظر گرفتن دیگر متغیرهای تاثیرگذار زمین لغزش در رسوب این فرآیند تحلیل شود؛ بنابراین ارتباط غیرخطی بین متغیرهای موثر زمین لغزش بر بار رسوبی حوضه، پذیرفته می‌شود. تحلیل رگرسیونی چند متغیره ارتباط متغیرها با استفاده از مدل رگرسیونی چند متغیره نشان داد (جدول ۳ و شکل ۱۰) که در زیر حوضه گل گل ۹۴/۲ (جدول ۴) درصد و در زیر حوضه چاویز ۹۳/۹ درصد همبستگی وجود دارد. رگرسیون خطی دو متغیره برای تک تک پارامترهای اندازه‌گیری شده موثر در ارتباط با زمین لغزش و رسوب تحلیل شد که نمودار سه پارامتر بر اساس اولویت تاثیرگذاری نشان داده شده است.

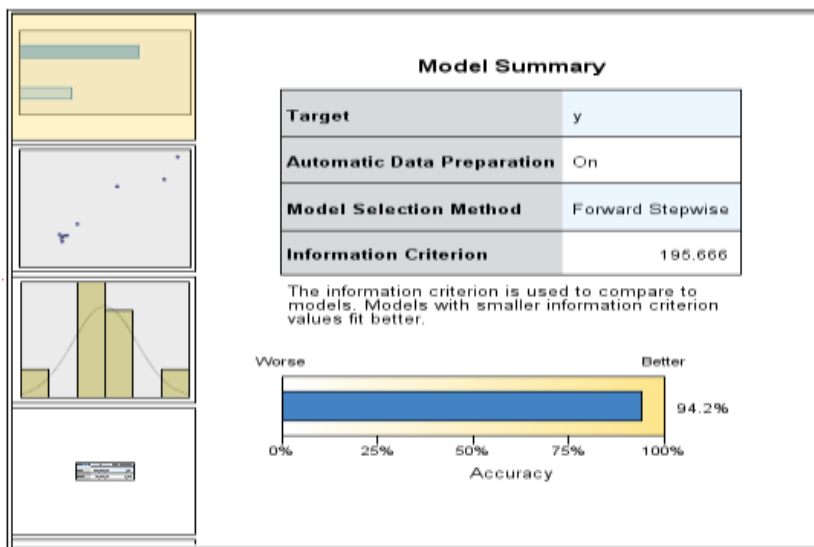
جدول ۱- اطلاعات زمین لغزش‌ها و رسوب در زیر حوضه گل گل

متغیر وابسته	متغیرهای مستقل					نمونه‌ها: کد لغزش‌های زیر حوضه گل گل
	X5	X4	X3	X2	X1	
Y	رسوب به تن در روز	مقدار لغزش به تن	حجم لغزش به متر مکعب	طول به متر	عرض به متر	مساحت به متر
۲۲۸۲۲	۴۰۸۱۰۰۰	۲۹۱۵۰۰۰	۲۲۰	۱۷۵	۴۲۰۰۰	۱
۳۷۸۷۴۷	۲۶۱۲۲۳۲۰۰	۱۸۶۵۸۸۰۰۰	۱۷۵۰	۳۰۵	۴۲۰۰۰۰	۲
۱۶۵۲۴	۱۱۲۶۰۰۰	۸۰۰۰۰۰	۲۲۴	۱۲۰	۳۰۰۰۰	۳
۱۷۹۶۰	۹۸۰۰۰۰	۶۰۰۰۰۰	۲۷۰	۱۶۰	۴۰۰۰۰	۴
۳۳۰۳۱	۴۸۳۰۰۰۰	۳۴۵۰۰۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۴۵۰۰۰	۵
۳۳۶۲۵۸	۲۴۸۴۷۲۰۰	۱۷۷۴۸۰۰۰	۴۶۵	۳۱۵	۱۵۰۰۰۰	۶
۱۹۰۰۲۶	۲۰۴۱۲۰۰۰	۱۴۵۸۰۰۰۰	۴۳۵	۳۰۵	۱۴۰۰۰۰	۷
۶۵۷۶۵	۱۰۷۱۰۰۰	۷۶۵۰۰۰	۲۰۵	۷۰	۲۰۰۰۰	۸
۱۰۲۴۴	۱۲۶۴۵۷۸	۹۰۳۲۷۰	۳۷۶	۸۵	۵۰۰۰۰	۹

4- Pearson Correlation

جدول ۳- همبستگی رگرسیون خطی چند متغیره زمین لغزش‌های زیر حوضه گل گل

Correlations		y	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
PearsonCorrelation	y	۱	۰/۸۷۴	۰/۷۶۳	۰/۸۵۵	۰/۷۳۷	۰/۷۳۶	۰/۵۵	۰/۸۲۸	۰/۸۳۹	۰/۷۷۵	۰/۷۴۱
مساحت لغزش	x1	۰/۸۷۴	۱	۰/۹۷۶	۰/۹۸	۰/۹۶۲	۰/۹۶۲	۰/۸۳۹	۰/۷۹۵	۰/۵۳۱	۰/۹۸	۰/۹۶
طول	x2	۰/۷۶۳	۰/۹۷۶	۱	۰/۹۵	۰/۹۹۳	۰/۹۹۳	۰/۸۷۹	۰/۷۰۱	۰/۳۶۵	۰/۹۹۸	۰/۹۸۹
عرض	x3	۰/۸۵۵	۰/۹۸	۰/۹۵	۱	۰/۹۵۱	۰/۹۵۱	۰/۸۷	۰/۷۰۳	۰/۴۸۴	۰/۹۶۳	۰/۹۴۶
حجم	x4	۰/۷۳۷	۰/۹۶۲	۰/۹۹۳	۰/۹۵۱	۱	۱	۰/۹۰۷	۰/۶۲۴	۰/۳۳	۰/۹۹۶	۰/۹۹۹
مقدار	x5	۰/۷۳۶	۰/۹۶۲	۰/۹۹۳	۰/۹۵۱	۱	۱	۰/۹۰۷	۰/۶۲۴	۰/۳۳	۰/۹۹۶	۰/۹۹۹
فاصله تا ایستگاه	x6	۰/۵۵	۰/۸۳۹	۰/۸۷۹	۰/۸۷	۰/۹۰۷	۰/۹۰۷	۱	۰/۴۳۸	۰/۱۱۹	۰/۸۸۴	۰/۸۹۹
فاصله تا آبراهه اصلی	x7	۰/۸۲۸	۰/۷۹۵	۰/۷۰۱	۰/۷۰۳	۰/۶۲۴	۰/۶۲۴	۰/۴۳۸	۱	۰/۷۳۴	۰/۶۸۶	۰/۶۲
شیب متوسط	x8	۰/۸۳۹	۰/۵۳۱	۰/۳۶۵	۰/۴۸۴	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۱۱۹	۰/۷۳۴	۱	۰/۳۷۷	۰/۳۴۹
میزان گسیختگی	x9	۰/۷۷۵	۰/۹۸	۰/۹۹۸	۰/۹۶۳	۰/۹۹۶	۰/۹۹۶	۰/۸۸۴	۰/۶۸۶	۰/۳۷۷	۱	۰/۹۹۳
حجم مواد	x10	۰/۷۴۱	۰/۹۶	۰/۹۸۹	۰/۹۴۶	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۸۹۹	۰/۶۲	۰/۳۴۹	۰/۹۹۳	۱
Sig. (1-tailed)	y	۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۲	۰/۰۱۲	۰/۰۱۲	۰/۰۶۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۷	۰/۰۱۱
مساحت لغزش	x1	۰/۰۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷	۰	۰
طول	x2	۰/۰۰۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۱	۰/۰۸۱	۰/۱۶۷	۰	۰
عرض	x3	۰/۰۰۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۱	۰/۰۱۷	۰/۰۹۳	۰	۰
حجم	x4	۰/۰۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۳۶	۰/۱۹۳	۰	۰
مقدار	x5	۰/۰۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۳۶	۰/۱۹۳	۰	۰
فاصله تا ایستگاه	x6	۰/۰۶۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰	۰	۰	۰/۱۱۹	۰/۳۸	۰/۰۰۱	۰
فاصله تا آبراهه اصلی	x7	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۱۸	۰/۰۱۷	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۱۱۹	۰	۰/۰۱۲	۰/۰۲۱	۰/۰۳۷
شیب متوسط	x8	۰/۰۰۲	۰/۰۷۱	۰/۱۶۷	۰/۰۹۳	۰/۱۹۳	۰/۱۹۳	۰/۳۸	۰/۰۱۲	۰	۰/۱۵۸	۰/۱۷۹
میزان گسیختگی	x9	۰/۰۰۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۱	۰/۰۲۱	۰/۱۸۵	۰	۰
حجم خاک	x10	۰/۰۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۳۷	۰/۱۷۹	۰	۰



شکل ۱۰: رابطه رگرسیونی چند متغیره زمین لغزش و رسوب در زیر حوضه گل گل

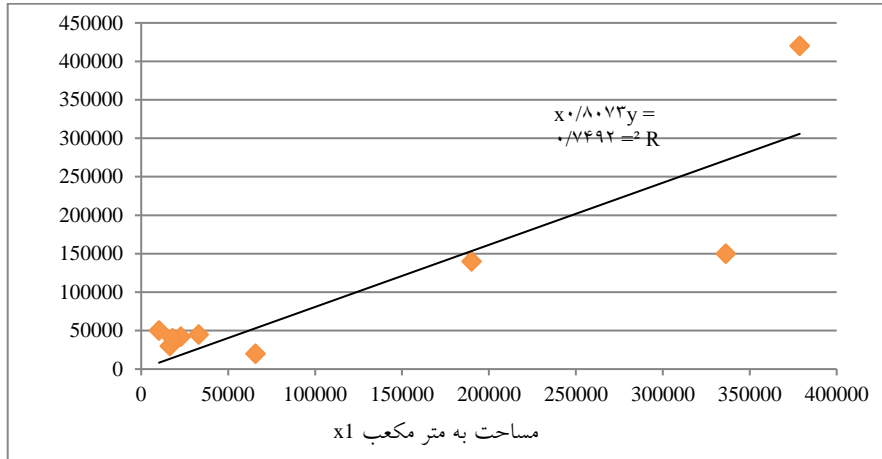
جدول ۴- ضریب همبستگی چند متغیره زمین لغزش‌های زیر حوضه گل گل

Model Summary ^c					Change Statistics	
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	R Square Change	F Change
1	۰/۸۷۰ ^a	۰/۷۵۷	۰/۷۲۲	۷۷۲۲/۶۸	۰/۷۵۷	۲۱/۷۹۷
2	۰/۹۷۷ ^b	۰/۹۵۵	۰/۹۴	۳۵۹۵۸/۴۲	۰/۱۹۸	۲۶/۲۸۴
a. Predictors: (Constant), x1						
b. Predictors: (Constant), x1, x8						
c. Dependent Variable: y						

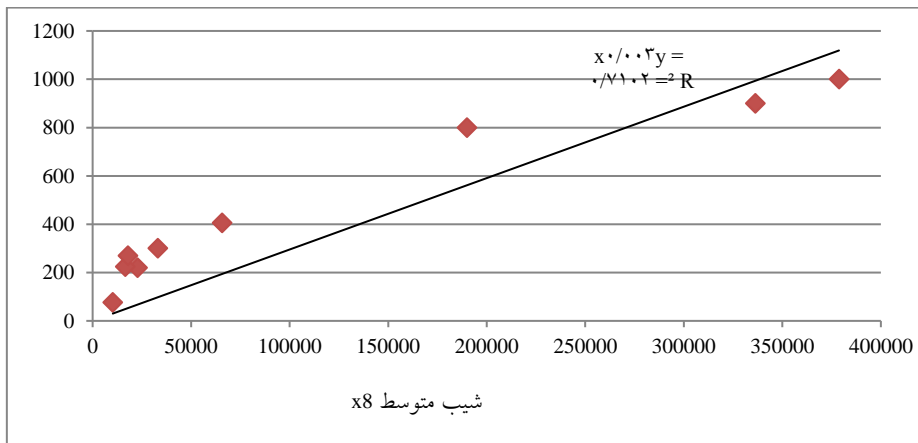
جدول ۵- نتایج رگرسیون خطی چند متغیره زمین لغزش‌های زیر حوضه گل گل

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	۱۴۹۹۲/۵۷	۳۴۰۴۸/۲۲		۰/۴۴	۰/۶۷۳
	x1	۰/۹۹۹	۰/۲۱۴	۰/۸۷	۴/۶۶۹	۰/۰۰۲
2	(Constant)	۵۷۸۹۹	۲۱۲۹۵/۷۳		-۲/۷۱۹	۰/۰۳۵
	x1	۰/۶۷۹	۰/۱۱۸	۰/۵۹۱	۵/۷۷۷	۰/۰۰۱
	x8	۲۵۸/۳۳۶	۵۰/۳۸۹	۰/۵۲۵	۵/۱۲۷	۰/۰۰۲
a. Dependent Variable: y						

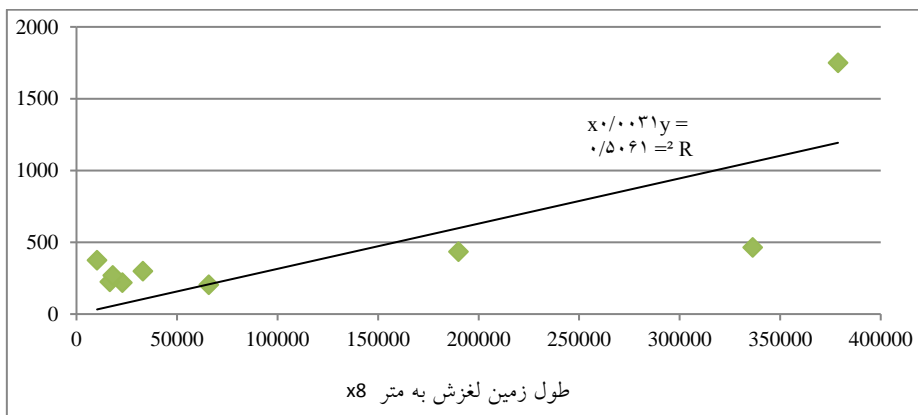
رابطه رگرسیون خطی زمین لغزش و رسوب در زیر حوضه گل گل $Y=57899+0.591x1+0.525 x8$



شکل ۱۱: رابطه رگرسیونی متغیر مساحت زمین لغزش و رسوب در زیر حوضه گل گل



شکل ۱۲: رابطه رگرسیونی متغیر شیب متوسط زمین لغزش و رسوب در زیر حوضه گل گل



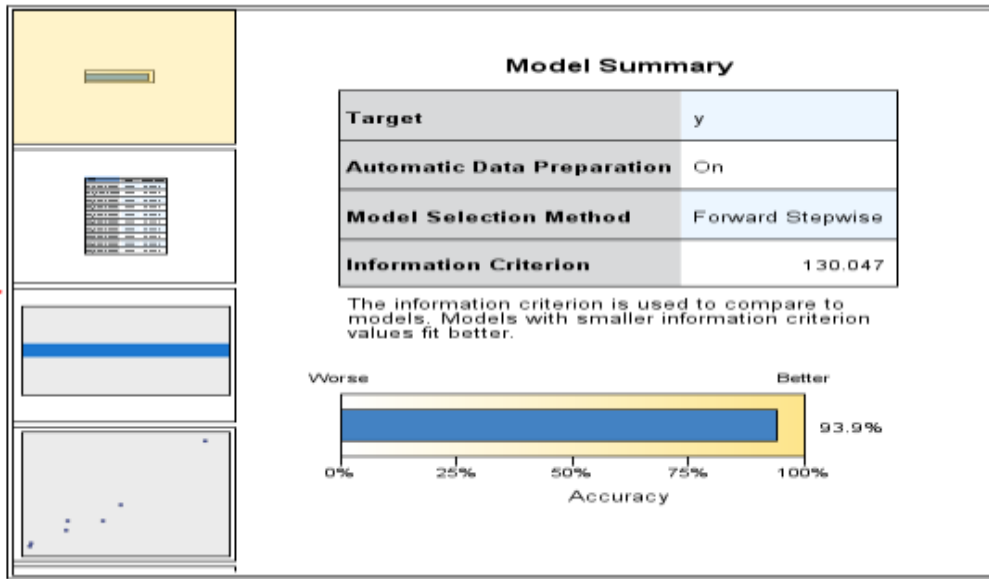
شکل ۱۳: رابطه رگرسیونی متغیر طول زمین لغزش و رسوب در زیر حوضه گل گل

جدول ۶- اطلاعات زمین لغزش‌ها و رسوب در زیر حوضه چاويز

متغیر وابسته	متغیرهای مستقل					نمونه‌ها: کد لغزش‌های زیر حوضه چاويز
	X5	X4	X3	X2	X1	
Y						
رسوب به تن در روز	مقدار لغزش به تن	حجم لغزش به متر مکعب	طول به متر	عرض به متر	مساحت به متر	
۹۱۱۶۴	۱۸۲۵۸۶۶۰۰	۱۳۰۴۱۹۰۰۰	۱۳۵۰	۸۰	۳۸۷۰۰	۸
۳۸۶۵۱	۱۵۲۰۱۲۰۰	۱۰۸۵۸۰۰۰	۴۹۰	۳۱۰	۸۹۰۰	۹
۴۷۸۴۶	۶۸۷۹۶۰۰	۴۹۱۴۰۰۰	۳۶۵	۱۸۰	۵۴۰۰	۱۰
۱۱۱۲	۷۵۹۹۲۰۰	۵۴۲۸۰۰۰	۳۷۰	۱۵۵	۵۹۰۰	۱۱
۲۰۵۲۶	۱۷۷۱۰۰۰	۱۲۶۵۰۰۰	۲۲۰	۱۶۰	۲۳۰۰	۱۲
۱۶۸۱	۶۱۶۰۰۰	۴۴۰۰۰۰	۲۲۰	۱۰۲	۸۰۰	۱۳
۱۹۶۲۵	۱۴۱۱۲۰۰	۱۰۰۸۰۰۰	۲۲۵	۶۲	۱۸۰۰	۱۴

جدول ۷- اطلاعات زمین لغزش‌ها و رسوب در زیر حوضه چاويز

متغیر وابسته	متغیرهای مستقل					نمونه‌ها: کد لغزش‌های زیر حوضه چاويز
	X10	X9	X8	X7	X6	
Y						
رسوب به تن در روز	حجم خاک لغزش به متر مکعب	میزان گسیختگی	شیب متوسط زمین لغزش	فاصله از آبراهه اصلی	فاصله زمین لغزش تا ایستگاه کیلومتر	
۹۱۱۶۴	۹۵۶۳۵۰۰۰	۳۳۷	۰/۳۲	۳۰۰۰	۲/۸	۸
۳۸۶۵۱	۷۵۴۱۰۰۰	۱۲۲	۰/۳۸	۱۰۰	۵/۲	۹
۴۷۸۴۶	۳۴۲۲۰۰۰	۹۱	۰/۴۳	۵۰	۵/۴	۱۰
۱۱۱۲	۵۲۴۰۱۵۳	۹۲	۰/۲۲	۱۲۰۰	۵/۷	۱۱
۲۰۵۲۶	۱۲۰۰۰۰۰	۵۵	۰/۲۴	۱۵۰۰	۷/۲	۱۲
۱۶۸۱	۵۵۰۰۰۰	۵۵	۰/۳۳	۳۸۰۰	۸/۳	۱۳
۱۹۶۲۵	۱۳۰۰۰۰۰	۵۶	۰/۴۲	۳۵۰۰	۸/۳	۱۴



شکل ۱۴: رابطه رگرسیونی چند متغیره زمین لغزش و رسوب در زیر حوضه چاويز

جدول ۸- همبستگی رگرسیون خطی چند متغیره زمین لغزش‌های زیر حوضه چاويز

Correlations	رسوب	y	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
PearsonCorrelation	y	۱	۰/۸۷۶	۰/۸۷۸	۰/۸۶	۰/۸۵۴	۰/۸۵۴	۰/۴۱۲	۰/۹۷۴	۰/۸۰۵	۰/۸۷۸	۰/۸۴۸
مساحت لغزش	x1	۰/۸۷۶	۱	۰/۹۹۸	۰/۹۳۷	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۳۷	۰/۹۲۳	۰/۸۶۵	۰/۹۹۸	۰/۹۹
طول	x2	۰/۸۷۸	۰/۹۹۸	۱	۰/۹۴۶	۰/۹۸۴	۰/۹۸۴	۰/۴۱۱	۰/۹۱۵	۰/۸۶۴	۱	۰/۹۸۳
عرض	x3	۰/۸۶	۰/۹۳۷	۰/۹۴۶	۱	۰/۸۸۳	۰/۸۸۳	۰/۴۹۶	۰/۸۵۴	۰/۶۷۶	۰/۹۴۶	۰/۸۸۱
حجم	x4	۰/۸۵۴	۰/۹۹	۰/۹۸۴	۰/۸۸۳	۱	۱	۰/۲۹	۰/۹۲۳	۰/۸۹۹	۰/۹۸۴	۱
مقدار	x5	۰/۸۵۴	۰/۹۹	۰/۹۸۴	۰/۸۸۳	۱	۱	۰/۲۹	۰/۹۲۳	۰/۸۹۹	۰/۹۸۴	۱
فاصله تا ایستگاه	x6	۰/۴۱۲	۰/۳۷۹	۰/۴۱۱	۰/۴۹۶	۰/۲۹	۰/۲۹	۱	۰/۲۷۹	۰/۳۳۶	۰/۴۱	۰/۲۸۲
فاصله تا آبراهه اصلی	x7	۰/۹۷۴	۰/۹۲۳	۰/۹۱۵	۰/۸۵۴	۰/۹۲۳	۰/۹۲۳	۰/۲۷۹	۱	۰/۸۴۸	۰/۹۱۶	۰/۹۱۹
شیب متوسط	x8	۰/۸۰۵	۰/۸۶۵	۰/۸۶۴	۰/۶۷۶	۰/۸۹۹	۰/۸۹۹	۰/۳۳۶	۰/۸۴۸	۱	۰/۸۶۵	۰/۸۶۵
میزان گسیختگی	x9	۰/۸۷۸	۰/۹۹۸	۱	۰/۹۴۶	۰/۹۴۸	۰/۹۴۸	۰/۴۱	۰/۹۱۶	۰/۸۶۵	۱	۰/۹۸۳
حجم خاک	x10	۰/۸۴۸	۰/۹۹	۰/۹۸۳	۰/۸۸۱	۱	۱	۰/۲۸۲	۰/۹۱۹	۰/۹۸۵	۰/۹۸۳	۱
Sig. (1-tailed)	y	۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷	۰/۰۰۷	۰/۰۰۷	۰/۱۷۹	۰	۰/۰۱۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۸
مساحت لغزش	x1	۰/۰۰۵	۰	۰	۰/۰۰۱	۰	۰	۰/۲۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰	۰
طول	x2	۰/۰۰۵	۰	۰	۰/۰۰۱	۰	۰	۰/۱۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰	۰
عرض	x3	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۱۲۹	۰/۰۰۷	۰/۰۴۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴
حجم	x4	۰/۰۰۷	۰	۰	۰/۰۰۴	۰	۰	۰/۲۴۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰	۰
مقدار	x5	۰/۰۰۷	۰	۰	۰/۰۰۴	۰	۰	۰/۲۴۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰	۰
فاصله تا ایستگاه	x6	۰/۱۷۹	۰/۲۰۱	۰/۱۸	۰/۱۲۹	۰/۲۴۶	۰/۲۴۶	۰	۰/۲۷۳	۰/۲۳۱	۰/۱۸	۰/۲۷
فاصله تا آبراهه اصلی	x7	۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۲۷۳	۰	۰/۰۰۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲

ادامه جدول ۸- همبستگی رگرسیون خطی چند متغیره زمین لغزش‌های زیر حوضه چاويز

شیب متوسط	x8	۰/۰۱۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۴۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۲۳۱	۰/۰۰۸	۰	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳
میزان گسیختگی	x9	۰/۰۰۵	۰	۰	۰/۰۰۱	۰	۰	۰/۱۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰	۰
حجم خاک	x10	۰/۰۰۸	۰	۰	۰/۰۰۴	۰	۰	۰/۲۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰	۰

جدول ۹- ضریب همبستگی رگرسیون خطی چند متغیره زمین لغزش‌های زیر حوضه چاويز

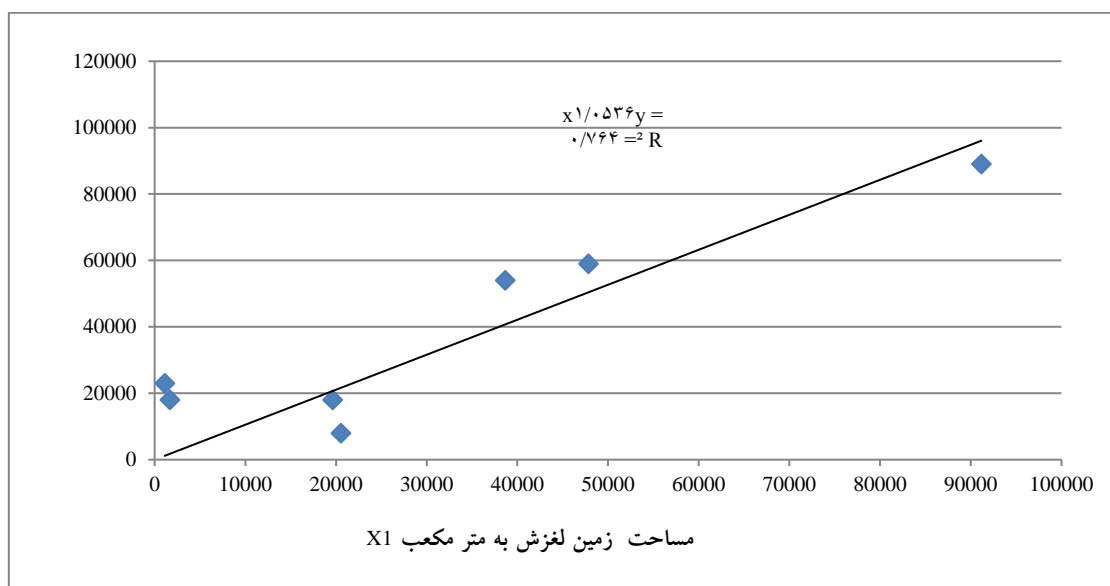
Model Summary ^b					
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics
1	۰/۹۷۴ a	۰/۹۴۹	۰/۹۳۹	۷۷۶۴/۵۰۶	R Square Change
					۰/۹۴۹
۹۳/۷۳					
a. Predictors: (Constant), x7					
b. Dependent Variable: y					

جدول ۱۰- نتایج همبستگی رگرسیون خطی چند متغیره زمین لغزش‌های زیر حوضه چاويز

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	۱۴۳۱۹/۶	۵۵۷۰/۱۲۷		-۲/۵۷۱	۰/۰۵
	x7	۲۷/۴۲۳	۲/۸۳۳	۰/۹۷۴	۹/۶۸۱	۰
a. Dependent Variable: y						

$$Y=14319.6+0.974x$$

رابطه رگرسیون خطی زمین لغزش و رسوب در زیر حوضه چاويز



شکل ۱۵: رابطه رگرسیونی متغیر مساحت زمین لغزش و رسوب در زیر حوضه چاويز

نتیجه‌گیری

در این تحقیق دو مدل تحلیل خود همبستگی شاخص همپوشانی لایه‌ها و تحلیل رگرسیونی معرفی شد این روش در بررسی ارتباط شاخص‌های تاثیرگذار زمین لغزش بر بار رسوب در حوضه آبخیز می‌تواند نوآوری باشد. با استفاده از مدل تحلیل خود همبستگی مکانی شاخص لایه‌ها در این حوضه علت فعالیت زمین لغزش‌ها، لیتولوژی تپه مارنی سازند گورپی معرفی شد که با دخالت هر عامل برون‌داد حوضه آبخیز (زمین لرزه، تکتونیک، بارش و عامل انسانی مثل ترانشه‌های جاده‌ای ...) بر سیستم حوضه به راحتی می‌تواند زمین لغزش را فعال نماید. ۱۰ درصد زمین لغزش به‌عنوان متغیرهای مستقل تاثیرگذار بر بار رسوبی در حوضه آبخیز معرفی شد و نتایج تحلیل‌ها نشان داد که روابط غیر خطی بین زمین لغزش و رسوب ناشی از آن حاکم است. تاکنون در بیش‌تر تحقیقات بدون استفاده از مدل منطقی و آماری تفکر خطی بودن یک متغیر در افزایش رسوب حاکم بوده که نوآوری دیگر این تحقیق رد این تفکر می‌باشد که این نتایج در زیرحوضه گل گل ضریب تبیین شاخص‌ها به ترتیب متغیر مساحت ۰/۸۷۴، متغیر عرض زمین لغزش ۰/۸۵۵، متغیر شیب متوسط زمین لغزش ۰/۸۳۹ و در زیر حوضه چاويز شاخص‌های فاصله تا آبراهه اصلی با ضریب تبیین ۰/۹۷۴، طول زمین لغزش و سطح گسیختگی با ضریب ۰/۸۷۸ بیش‌ترین تاثیر بر بار رسوبی دارند؛ بنابراین این ترتیب در شرایط سیستمی حوضه آبخیز گل گل با متغیر مساحت و شیب متوسط فرمول نویسی رگرسیونی چندگانه می‌شود و متغیر عرض زمین لغزش با مقدار بیش‌تر ضریب تبیین در نتایج مدل و فرمول رگرسیونی قرار نمی‌گیرد این اثبات غیرخطی بودن روابط رسوب ناشی از زمین لغزش در زیرحوضه آبخیز گل گل می‌باشد که با اجرای این مدل در زیرحوضه چاويز مهم‌ترین شاخص‌های تاثیرگذار در بار رسوبی کاملاً با زیر حوضه گل گل متفاوت است بنابراین تحلیل فضایی و مکانی زمین لغزش در حوضه آبخیز تاثیر متغیر تاثیرگذار در بار رسوبی را تعیین می‌نماید. به طور

کلی ضریب تبیین همه پارامترها در شرایط حوضه آبخیز با مدل گام به گام در زیرحوضه گل گل به میزان ۹۴/۲ و در زیر حوضه چاویز با ۹۳/۹ روابط منطقی داده‌ها را در رگرسیون چند گانه تبیین می‌نماید که تدقیق انتخاب شاخص‌ها و روابط آن‌ها با دبی پیک رسوبی از لحاظ تاریخ رخداد زمین لغزش و محاسبات تحلیل مکانی رسوب ناشی از زمین لغزش را نشان می‌دهد.

تقدیر و تشکر

این پژوهش برگرفته از رساله دکتری رشته مخاطرات ژئومورفولوژی دانشگاه خوارزمی تهران بوده است که جا دارد از همه عزیزانی که با خلاقیت و دانش خود به اینجانب کمک نموده‌اند تشکر نمایم.

References

- Ahmadzadeh, H., Roustaei, Sh., Nik Jou, M. R., Dehghani, M., (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].
- Amir Ahmadi, A., Akbari, E., Pourhashemi, S., (2017), "Modeling the relation between area and volume of landslide (Case study: Neyshabour Baqi Basin)", *Journal of Geographical Space*, 26 (3): 81-98. [In Persian].
- Betts, H., LesBasher, L., Dymond, J., Herzig, A., (2017), "Development of a landslide component for a sediment budget model", *Environmental Modelling & Software*, 92: 28-39. [on line]: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft>. (verified 2017.02.003).
- Borgomeo, E., Hebditch, A., Whittaker, L., (2014), "Characterising the spatial distribution, frequency and geomorphic controls on landslide occurrence, Molise, Italy", *Geomorphology*, 226: 148-161.
- Chen, H., Lin, G. W., Horng, M. J., Chuang, S. J., (2011), "Effects of topography, lithology, rainfall and earthquake on landslide and sediment discharge in mountain catchments of southeastern Taiwan", *Geomorphology*, 133: 132-142.
- Corominas, J., van Westen, C., Frattini, P., Cascini, L., Malet, J. P., Fotopoulou, S., Catani, F., Van Den Eeckhaut, M., Mavrouli, F., Agliardi, F., Pitilakis, K., Winter, M. G., Pastor, M., Ferlisi, S., Tofani, V., Hervas, J. L., Smith, J. T., (2014), "Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk", *Bull Eng Geol Environ*, 73: 209-263.
- 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., Stark, C. P., (2004), "Earthquake-triggered increase in sediment delivery from an active mountain belt", *Geology*, 32 (8): 733-736.
- Faraji Sabokbar, H., Shadman Roodposhti, M., Tazik, E., (2014), "Landslide susceptibility mapping using geographically-weighted principal component analysis", *Geomorphology*, 226: 15-24. [on line]: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph>. (verified 2014.07.026).
- Feizizadeh, B., Shadman Roodposhti, M., Jankowski, P., Blaschke, T., (2014), "A GIS-based extended fuzzy multi-criteria evaluation for landslide susceptibility mapping", *Computers and Geosciences*, 73: 208-221. [on line]: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo>. (verified 2014. 08. 001).
- Glade, T., Anderson, M., Crozier, M. J., (2005), *"Landslide hazard and risk"*, John Wiley and Sons Ltd: London.
- Hsu, S. M., Wen, H. Y., Chen, N. C., Hsu, S. Y., Chi, S. Y., (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.
- Jakab, G., Madarász, B., Orsi, A., Szalai, Z., Kertesz, A., (2012), Gullies of tow Hungarian region- a case study, *Hungarian Geographical Bulletin*, 60 (40): 325-342.
- Larsen, M. C., (2012), *"Landslides and sediment budgets in four watersheds in Eastern Puerto Rico"*, In: Murphy S. F., R. F. Stallard. (Eds.) U.S. Geological Survey Professional, Puerto Rico, pp 243-266.
- Shariat Jafari, M., Ghayomian, J., (2009), "Relationship between slope failure and sediment yield in central Talegan watershed", *Earth Science Publication*, 57: 514-531. [on line]: www.ngdir.ir.
- Ryszewicz, M., O'Sullivan, J., Turner, J. N., Lawler, D. M., Harrington, J. R., Conroy, E., Kelly-Quinn, F. M., (2018), "Modelling spatial and temporal variations of annual

- suspended sediment yields from small agricultural catchments", *Science of The Total Environment*, 68: 672-684. [on line]: <https://doi.org/101016/j.scitotenv>. (verified 2017.10.134).
- 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.
- Tsai, Z. X., You, J. Y., Lee, N. Y., Chiu, Y. J., (2012), "Modeling the sediment yield from landslides in the Shihmen Reservoir watershed, Taiwan", *Earth Surface Processes and Landforms*, 38 (7): 661-674.