هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۲۳، سال ششم، تابستان ۱۳۹۹، صص ۳۸-۲۱
Hydrogeomorphology, Vol.6, No.23, Summer 2020, pp (21-38)

بررسی عوامل مؤثر بر ریزش سنگی و پهنه‌بندی خطر آن با رگرسیون لجستیک در حوضه‌ی آبریز علی‌آباد هوراند

صیاد اصغری سراسکانرود*[۱]، رسول حسن‌زاده[۲]، سهیل رئوفی[۳]

۱- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران
۳- کارشناسی ارشد مهندسی سیستم اطلاعات مکانی، دانشگاه همدان، ایران

وصول مقاله: ۱۳۹۷/۰۶/۱۷ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۲/۳۱

چکیده

ناپایداری دامنه‌های طبیعی یکی از پدیده‌های زمین‌شناسی و ریخت‌شناسی است که در تغییر شکل سطح زمین نقش مؤثری دارد و زمانی که فعالیت‌های انسانی را تحت تأثیر قرار دهد، می‌تواند به پدیده‌ای خطرناک تبدیل شود؛ لذا مطالعه‌ی حرکات توده‌ای حوضه‌ی آبریز علی‌آباد هوراند در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های مورد استفاده شامل نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و لایه‌ی DEM ۳۰ متر و تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ سنجنده OLI است. در مراحل تحقیق، ابتدا ۹ متغیر مستقل مؤثر بر ریزش توسط متخصصان امر وزن‌دهی شد و با پیمایش منطقه نیز ریزش‌های سنگی که ۹۰ مورد مشاهده گردید، ثبت شده و تبدیل به لایه‌ی ریزش سنگی به عنوان متغیر وابسته شد. با تحلیل رگرسیونی تأثیر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته مورد آزمون قرار گرفته و بعد از تأیید تأثیر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته، پهنه‌بندی خطر ریزش‌سنگی تهیه شد و نتایج نشان داد که ۳۳/۳ درصد از ریزش‌های سنگی در محدوده‌ی خطر خیلی‌زیاد، ۲۷/۷درصد در محدوده‌ی خطر زیاد، ۲۷/۷درصد در محدوده‌ی خطر متوسط و ۷/۷ درصد در محدوده‌ی خطر کم و ۳/۳ درصد در محدوده‌ی خطر خیلی‌کم اتفاق افتاده است.

کلمات کلیدی: پهنه‌بندی، ریزش‌سنگی، رگرسیون لجستیک، حوضه‌ی آبریز علی‌آباد.

* (نویسنده‌ی مسئول) **E-mail**:Sayyad Sasghari@ gmail.com

۱- مقدمه

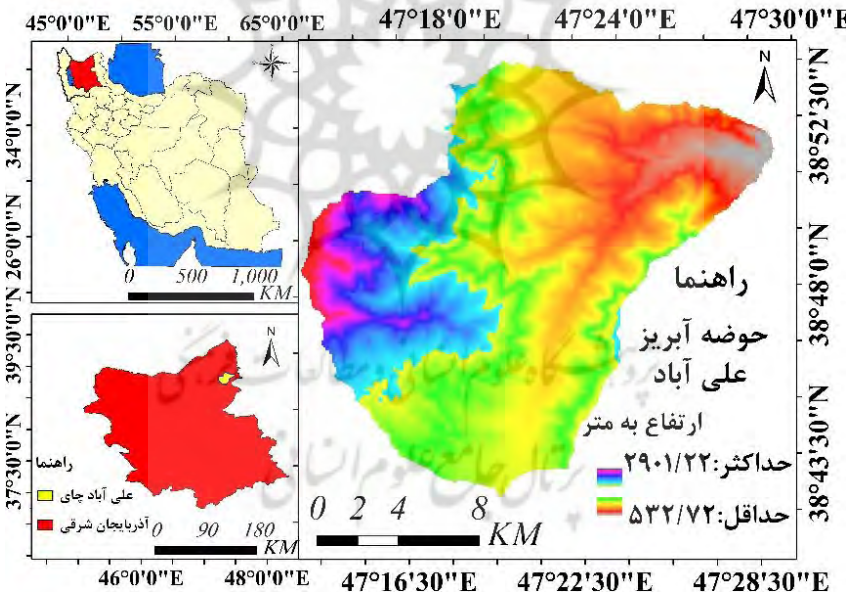
ناپایداری دامنه‌های طبیعی یکی از پدیده‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی است کـه در تغییر شکل سـطح زمین نقش مؤثری دارد (اسفندیاری،۱۳۸۷: ۱۱۳). لغزش یا ریزش محسوس توده‌ی نسبتاً خشک خاک یا سنگ و یا مخلوطی از هر دو به سمت پایین دامنه را زمین‌لغزه می‌گویند (عابدینی، ۱۳۹۵: ۵۱). از جمله عواملی که در ایجاد حرکات توده‌ای مؤثر است، وجود گسل‌ها می‌باشد. وجود انواع گسل و نوع سازندهای هر منطقه می‌تواند تأثیرات متفاوتی را بر روی زمین ایجاد می‌نمایند (زارع، ۱۳۹۶: ۶۰). حوضه‌ی آبریز علی آباد به علت وجود ریزش‌های سنگی و استعداد افزایش مقادیر آن و اینکه باعث به وجود آمدن مشکلات تردد برای روستاییان و بومیان حوضه این انگیزه را طلبید تا نگارندگان پدیده‌ی ژئومورفولوژیکی ریزش سنگی حوضه را مورد بررسی قرار دهند. با هدف بررسی ریزش سنگی منطقه و اینکه آیا ریزش‌های سنگی منطقه متأثر از عامل های مورد توجه بوده یا نه و چه میزان از تشکیل این پدیده تحت تأثیر ۹ عامل مدنظر قرار گرفته شده است و این پدیده چه تأثیرات مخربی در حوضه به وجود می‌آورد. لذا به نظر می‌رسد که لیتولوژی و فاصله از گسل و رودخانه مهم‌ترین دلایل تشکیل و تقویت پدیده‌ی ریزش‌های سنگی در منطقه باشد؛ بنابراین، امید بر آن بود تا مسئولین امر به این پدیده اهمیت داده و با اتخاذ روش‌های نوین و آگاه‌سازی بومیان با نحوه‌ی نگرش و برخورد آگاهانه با این پدیده‌ی طبیعی از آسیب‌های احتمالی آن تا حد توان مصون بمانند.

ارتفاعات شمال شهر شاهرود از نظر پهنه‌بندی خطر ریزش‌سنگی مورد مطالعه و تحقیق قرار گرفت و بیان شد که " نتایج نشان از پایداری دامنه‌ها در شرایط استاتیک و ناپایداری آن‌ها در شرایط دینامیک دارد (رمضانی اومالی، ۱۳۹۴: ۲۷). نقش عوامل تکتونیک و لیتولوژی در ناپایداری دامنه‌ای در ارتفاعات شمالی دریاچه‌ی ارومیه مورد مطالعه قرار گرفت و نتیجه چنین شد که ناپایداری دامنه‌ای غالب در منطقه عمدتاً از نوع واریزه‌های دامنه‌ای و دره‌ای بوده و دینامیک آن‌ها عمدتاً منشأ طبیعی دارد (رفیعی، ۱۳۹۴: ۲۳). پتانسیل وقوع زمین‌لغزش در محدوده‌ی محور مخزن سد قلعه‌چای با استفاده از روش‌های

تحلیل شبکه و رگرسیون لجستیک مورد مطالعه قرار گرفت و نتیجه گرفته شد که کاربری اراضی، طبقات ارتفاعی و جهت دامنه تأثیر مهمی در زمین‌لغزش منطقه دارد (روستایی، ۱۳۹۵: ۶۷). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه‌ی آبریز لواسانات با استفاده از روش‌های آماری رگرسیون لجستیک انجام شد و نتیجه چنین بیان گردید؛ مناطقی که با خطر بسیار بالا پهنه‌بندی شده‌اند سهم زیادی از میزان مساحت منطقه را دارا می‌باشند (همتی و حجازی، ۱۳۹۶: ۷). ریزش‌های سنگی منطقه مانت سیمون[۱] ایتالیا ناحیه‌ی امیلیا روماژنا[۲] مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتیجه چنین شد که منطقه ارائه شده در نقشه اصلی شامل منطقه اطراف کوه سیمون بوده و رشته‌ی کوهنوردی برای برنامه‌ریزی اقدامات و استراتژی‌هایی است که با هدف پیشگیری و کاهش خطر راندگی در سطح منطقه‌ای قابل توجه است (دنیلا پراسینتینی و همکاران[۳] ، ۲۰۱۵: ۵۹۸). وضعیت و چشم‌انداز تحقیق در ساخت و سازهای حفاظتی پل‌ها در برابر ضربه‌های حرکات توده‌ای ریزش‌سنگی، با استفاده از روش‌های الگوریتم تجربی مورد مطالعه قرار گرفت و محققان نتیجه گرفتند که استفاده از الگوریتم‌های نظری و نیمه تجربی در برآورد میزان ضربات ریزش‌های سنگی مناسب نبوده و باعث می‌گردد که برآورد تحلیلی برای استفاده از مواد بالشتک در تقویت پل‌های کوهستانی در برابر ضربات ریزش سنگی نتیجه خوبی را ارائه ندهد (ژااو لیانگ و همکاران[۴]، ۲۰۱۶: ۱). منطقه‌ی شمال شرقی پکن چین از نظر پهنه‌بندی ریزش‌های سنگی بررسی شده است و محقق نتیجه گرفت که منطقه از ریزش‌های سنگی محسوسی برخوردار بوده و نیاز به مدیریت دقیق دارد تا احتمال آسیب به راه‌های ارتباطی این منطقه کاهش یابد (خیالونگ دنگ[۵]، ۲۰۱۷: ۲). تکامل ژئومورفولوژیکی ریزش زمین در نزدیکی یک گسل طبیعی عادی در شمال تایوان مورد مطالعه قرار گرفت و بیان شد که ناسازگاری در این ناحیه در ایجاد دو لغزش زمین نقش داشته است (کوو جن چانک و همکاران[۶]، ۲۰۱۸:

1- Mount Cimone area
2- Emilia-Romagna Region
3- Daniela Piacentinia
4- GAO liang
5- Xialong deng
6- Kou Jen Chang

۷۲۷). حوضه‌ی آبریز علی‌آباد به علت داشتن گسل‌های اصلی و فرعی زیاد که طی مطالعاتی که از تکتونیک حوضه صورت گرفته (اسفندیاری، ۱۳۹۳: ۸۴) حوضه از فعالیت نئوتکتونیکی فعال برخوردار بوده و هر ساله شاهد حرکات توده‌ای به صورت ریزش می‌باشد و این حوضه با روند جنوب‌غربی- شمال‌شرقی در مختصات جغرافیایی ´۲۹ °۴۷ - ´۱۳ °۴۷ طول شرقی و ´۵۴ ˝۳۸ – ´۴۲ ˝۳۸ عرض شمالی در قسمت شمال‌شرقی استان آذربایجان شرقی و بخش جنوب‌شرقی شهرستان هوراند قرار گرفته و از لحاظ مساحت نیز حدود ۱۶۵/ ۲۷۸ کیلومترمربع می‌باشد و در این تحقیق ریزش‌های تمامی بخش‌های حوضه به صورت میدانی مطالعه و ثبت گردید. (شکل ۱).



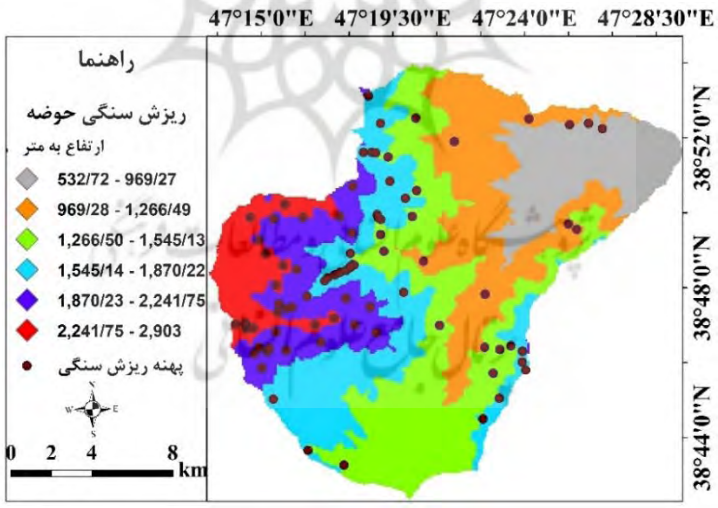
شکل (۱): موقعیت جغرافیایی حوضه‌ی آبریز علی‌آباد و نقشه‌ی طبقات ارتفاعی حوضه

Figure (1): Geographical location of Aliabad catchment area and hypsometric map

۲- مواد و روش

۱- داده‌های مورد استفاده: نقشه‌ی توپوگرافی (۱:۵۰۰۰۰) و نقشه‌ی زمین‌شناسی واحد کلیبر (۱:۱۰۰۰۰۰). ۲- تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ سنجنده Oli ۳- دستگاه GPS ۴ - نقشه‌های گسل، شیب، هم‌بارش، هم‌دما، هم‌تبخیر،کاربری اراضی، ارتفاع و هیدرولوژی) ۵- نرم‌افزار ENVI 5.3 ۶- نرم‌افزار آماری SPSS16.

۲- تهیه‌ی نقشه‌ی پراکنش ریزش‌های سنگی منطقه: جهت تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش ابتدا طرح کلی و موقعیت ریزش‌های سنگی رخ داده در منطقه مشخص گردید و برای نیل به این امر مطالعات میدانی از منطقه صورت گرفت با GPS ثبت گردید که شامل ۹۰ پهنه ریزش سنگی وارد محیط ARC GIS شده و تبدیل به لایه‌ی پراکنش ریزش سنگی گردید (شکل۲).

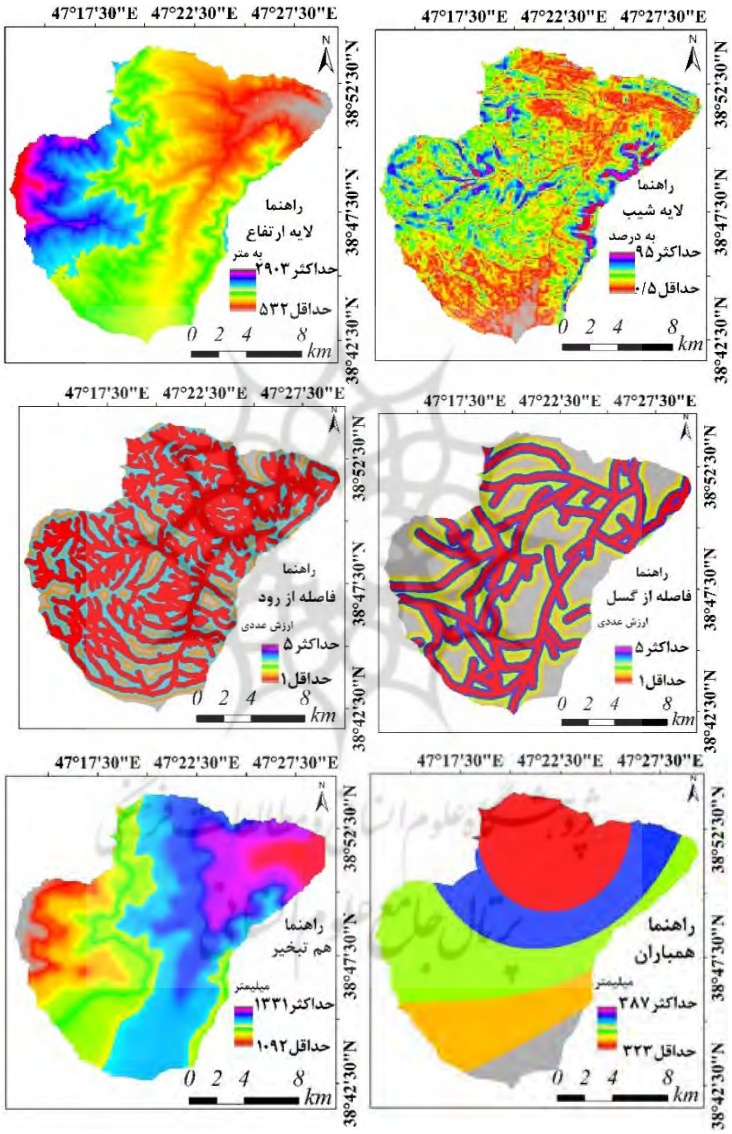


شکل (۲): نقشه‌ی پراکنش ریزش‌های سنگی حوضه‌ی آبریز علی‌آباد و طبقات ارتفاعی آن
Figure (2): Map of the distribution of rock falls of Aliabad basin area and its hypsometric map

۳- تحلیل آماری لایه‌های ژئومورفولوژیکی و وزن‌دهی آن‌ها: برای پهنه‌بندی خطر ریزش‌های سنگی، از ۹ لایه‌ی اطلاعات (شکل۳) با اقتباس از مقالات مشابه (بشیری، ۱۳۹۶: ۱۶۲ و

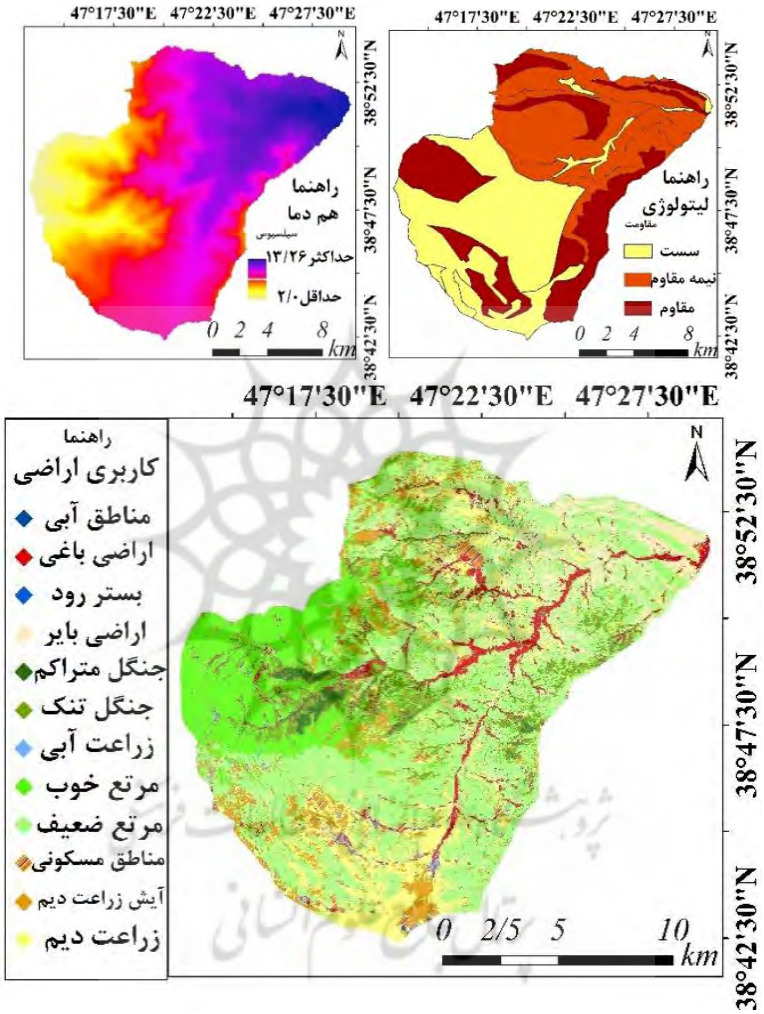
روستایی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۰۶) به عنوان متغیرهای مستقل استفاده شد و برای تهیه‌ی لایه‌ها در ArcGIS از نقشه‌های توپوگرافی ۱,۵۰۰۰۰، زمین‌شناسی ۱,۱۰۰۰۰۰ و جهت تولید لایه‌ی کاربری اراضی از تصاویر ماهواره لندست ۸ با سنجنده OLI و با روش نظارت شده ماکزیمم لایکلهود[1] استفاده گردید؛ سپس لایه‌ها بصورت رستر طبقه‌بندی شدند و در جدول توصیفی آن‌ها یک ستون به نام وزن استاندارد اضافه شد و طبقات مربوط به هر لایه با استفاده از روش مجموع رتبه‌ای محاسبه شد. لایه‌ها در محیط ArcGIS بین صفر و یک نرمال‌سازی شده و بر اساس اهمیت و نقش مؤثر در ریزش به روش شکست طبیعی وزن‌دهی شده و درون‌یابی گردید. اکثر لایه‌ها در پنج کلاس طبقه‌بندی شدند؛ لایه‌ی ارتفاعی از کم‌ترین ارتفاع (۵۳۲ متر) با ارزش عددی صفر و بیشترین ارتفاع (۲۹۰۳ متر) با ارزش عددی یک طبقه بندی شد. لایه‌ی کاربری اراضی با دوازده کلاس مشخص شد که ارزش عددی پیکسل‌ها در کلاس‌های باغات، بستر رود، مناطق آبی، مناطق جنگلی متراکم به علت جلوگیری از حاصل برونزد سنگی مستعد برای ریزش و تقویت بافت خاک در برابر فرسایش و مناطق مسکونی، اراضی کشت آبی و دیم کمترین ارزش عددی را داشته و مراتع و مناطق جنگلی تنک به علت وجود برونزدهای سنگی مستعد برای ریزش، بیشترین ارزش عددی را به خود اختصاص داد. در لایه‌ی لیتولوژی سازندهای زمین شناسی حوضه در سه کلاس سست و مقاوم و نیمه‌مقاوم تعیین گردید که سازندهای سست که شامل مناطق آبرفتی و نهشته‌های رودخانه‌ای می‌باشد ارزش عددی صفر را دریافت نمود و سازندهای نیمه مقاوم و مقاوم که شامل سنگ‌های آتشفشانی بازیک و سینیت و گرانیت و دیوریت و ماسه سنگ می‌باشد ارزش عددی ۰/۵ و یک را گرفت. باید اذعان نمود که ملاک انتخاب این لایه‌ها به عنوان مهم‌ترین عامل‌های موثر بر ریزش سنگی منطقه بر اساس نظرات اساتید ژئومورفولوژی و زمین شناسی دانشگاه محقق اردبیلی استفاده گردید (شکل ۳).

1- Maximom Likelhood



شکل (۳): فاکتورهای مؤثر بر ناپایداری‌های دامنه‌ای حوضه

Figure (3): Effective factors on the wide-ranging instabilities of the basin



ادامه‌ی شکل (۳): فاکتورهای موثر بر ناپایداری‌های دامنه‌ای حوضه

Continue Figure (3): Effective factors on the wide-ranging instabilities of the basin

۴- مدل رگرسیون لجستیک: مدل رگرسیون لجستیک، یکی از روش‌های آماری پیش‌بینی کننده برای متغیرهای وابسته‌ای است که در آن حالت صفر و یک، با وقوع و عدم وقوع پدیده‌ها رابطه دارد. در این روش رابط رگرسیونی متغیرها خطی نبوده بلکه به حالت

منحنی S شکل یا لجستیک است. در این مدل برآوردها در دامنه‌ای از صفر تا یک قرار می‌گیرد که اعداد نزدیک به صفر نشانه احتمال وقوع کمتر و اعداد نزدیک به یک نشانه احتمال وقوع بیشتر هستند.(روستایی و همکاران، ۹۴: ۹۴). در رگرسیون لجستیک متغیر وابسته با استفاده از رابطه (۱) بیان می‌شود(یانگ لیو[1]، ۲۰۱۸: ۳).

رابطه‌ی (۱)

$$Logit\ p(x) = Ln\left[\frac{p(x)}{10\ p(x)}\right] = B_0 . B_1 X_1 . \cdots . B_{q02} X_{q02} . B_{q01} X_{q01} . B_q X_q . B_{q.1} . \cdots . B_{q01}$$

جدول (۱): ارزش‌گذاری متغیرهای مستقل و وابسته بین صفر و یک

Table (1): Evaluation of independent and dependent variables between zero and one

متغیرهای مستقل	لیتولوژی X۱	کاربری X۲	شیب X۳	گسل X۴	رود X۵	ارتفاع X۶	بارش X۷	دما X۸	تبخیر X۹
کلاس۱	۰/۲	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۶
کلاس۲	۰/۳	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۳
کلاس۳	۰/۵	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲۳	۰/۲۲
کلاس۴	–	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۲۴	۰/۲۶	۰/۲۶
کلاس۵	–	۰/۲۵	۰/۱۷	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۳۴	۰/۳۳
کلاس۶	–	۰/۲۹	۰/۱۹	–	–	–	–	–	–
کلاس۷	–	–	۰/۲۳	–	–	–	–	–	–
متغر وابسته	مناطق واریزه‌دار	مناطق بدون واریزه	–	–	–	–	–	–	–
–	۱	۰	–	–	–	–	–	–	–

در این تحقیق با اقتباس از پژوهش های مشابه، لایه‌ی ریزش‌سنگی به عنوان متغیر وابسته و ۹ لایه‌ی ارائه شده در (شکل۲) به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد (محمدزاده و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۳۰). تـمامی لایه‌ها بر حسب روش جدول تناسب به

1- Yang liu

صورت یک به یک به تعداد ۵۰۰ پیکسل وزن‌دار وارد محیط (SPSS) شده و تحلیل رگرسیونی انجام شد. متغیرهای مستقل بر اساس نظرات کارشناسی شامل سه نفر دکتری ژئومورفولوژی و دو نفر دکتری زمین‌شناسی در ایجاد و تقویت متغیر وابسته بین اعداد صفر و یک وزن‌دهی شدند و نرخ سازگاری قضاوت‌های کارشناسان مذکور در نرم‌افزار اکسپرت چویز[1] مورد محاسبه قرار گرفت که به میزان ۰/۰۲ مورد تأیید قرار گرفت و تمامی متغیرهای مستقل و متغیر وابسته در محیط (SPSS) مورد تحلیل قرار گرفته و نقشه‌ی پهنه‌بندی ریزش‌سنگی حوضه در نرم‌افزار (ArcGIS) استخراج شد. (جدول ۱)

۵- آزمون‌های تست تحلیل‌های رگرسیونی: جهت نتیجه‌گیری بهترین برازش از مدل رگرسیون لجستیک از چهارآماره (آزمون) چی اسکوئر[2] و پی آر[3] و ادجاست آر اسکوئر[4] و کلموگروف اسمیرنوف[5] استفاده شد. چنانچه مقدار آر اسکوئر برابر با یک باشد نشان‌دهنده‌ی برازش کامل مدل خواهد بود و اگر این مقدار برابر با صفر باشد نشان‌دهنده‌ی عدم رابطه بین متغیرهای مستقل با متغیر وابسته خواهد بود (شیرانی و عامری، ۱۳۹۴: ۳۲۶).

۱- چی اسکوئر: این آزمون یک تست معتبر و معمولی برای رگرسیون می‌باشد و از اختلاف (L)-Ln 2 برای مدل بهترین برازش بوده و LN(L0) 2- که برای فرضیه صفر است، به دست می‌آید. چنان‌چه مقدار عددی این آزمون در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار باشد فرضیه صفر رد می‌شود.

۲- آماره پی آر: به مجذور ضریب همبستگی چندگانه یا ضریب تعیین معروف است و با علامت R2 نوشته می‌شود . مقدار این ضریب نیز بین (۰) تا (۱) در نوسان و هر چه به مقدار یک نزدیک‌تر باشد نشان از آن دارد که متغیرهای مستقل توانسته‌اند که میزان زیادی از متغیر وابسته را تبیین کنند و برعکس.

1- Expert Choise
2- Chi square
3- Pseudo R square
4- Adjust R Square
5- Kolmogrov Smirnov

۳- ادجاست آر اسکوئر: اشکال ضریب تعیین این است که میزان موفقیت مدل را بیش از اندازه برآورد می‌کند و کمتر تعداد متغیرهای مستقل و همین‌طور حجـم نمونه را در نظر می‌گیرد. برای همین برخی آماردانان ترجیح می‌دهند تا از شاخص دیگری به نام ضریب تعیین تعدیل شده استفاده کنند. ضریب تعیین تعدیل شده مقدار ضریب تعیین را به منظور انعکاس بیشتر میزان نیکوئی برازش مدل تصحیح می‌کند. چون در این ضریب، مقدار ضریب تعیین با درجات آزادی تعدیل شده است (همتی و حجازی، ۱۳۹۶: ۱۸).

۴- کلموگروف اسمیرنوف: یک مسئله مهم در در برازش داده‌ها توسط یک توزیع، آزمون نیکویی برازش است و برای این منظور آزمون‌های بر مبنای توزیع تجربی اختلاف بین تابع توزیع تحت فرض صفر و تابع توزیع تجربی را اندازه می‌گیرند که آزمون کولموگروف اسمیرنوف یکی از انواع این آزمون‌ها می‌باشد. در این آزمون چنانچه مقدار معنی‌داری از ۰/۰۵ کوچکتر باشد نشانگر آن است که دو گروه مورد مقایسه یا از نظر شکل و یا از نظر محل با هم تفاوت دارند. آزمون کولوموگراف اسمیرنوف به همراه آزمون کای‌دو، جزو آزمون‌های نیکویی برازش هستند. اما با توجه به محدودیت‌های آزمون کای‌دو، معمولاً برای آزمون نرمال بودن، از این آزمون استفاده می‌شود (مقامی، ۱۳۹۰: ۶۸).

۳- بحث و نتایج

ابتـدا با آزمون کولموگروف اسمیرنوف نکویی برازش توزیع داده‌ها مورد آزمون قرار گرفت و با معنی‌داری ۰/۰۲ و مقدار ۰/۸۰۵ مورد تأیید واقع شد و بر اساس وزن‌هایی که به متغیرهای مستقل و وابسته جهت کمی‌سازی لایه‌های مؤثر در ریزش‌سنگی برای استفاده و انجام تحلیل‌های رگرسیونی و اقتباس از روش ارزش‌گذاری سلسله‌مراتبی (AHP) (رحیم‌پور، ۱۳۹۶: ۸) در (SPSS) انجام شد. یافته‌ها به این شرح می‌باشد که مقدار آزمون خی‌دو (Chi Square) برای هر یک از متغیرهای مستقل به صورت مجزا نشان می‌دهد که رابطه‌ی معنی‌داری بین متغیرهای مستقل با متغیر وابسته وجود دارد و تأثیرات این متغیرها بر روی متغیر وابسته درصد قابل قبولی را نشان می‌دهد (جدول۲). مقدار عددی چی اسکوئر ۰/۹۵۳

می‌باشد و اگر مقدار عددی چی اسکوئر به یک نزدیک‌تر باشد نشان از اعتبار بالای آزمون را دارد. مقدار عددی ضریب تعیین متغیرهای مستقل نسبت به متغیر وابسته ۰/۹۰۹ می‌باشد که نشان از اعتبار بالای آزمون می‌باشد به این دلیل که به عدد یک نزدیک‌تر است. البته مشخص می‌باشد که مقدار ضریب تعیین در آماره پی آر خوش‌بینانه تعیین می‌شود بنابراین ضریب تعیین تعدیل شده مورد نظر قرار گرفت که مقدار عددی آن ۰/۹۰۷ است (جدول ۲). با توجه به مقدار عددی ضریب تعیین تعدیل شده مشخص می‌کند که تقریباً ۹۰ درصد ریزش‌های سنگی که در حوضه اتفاق‌افتاده متأثر از این ۹ متغیر مستقل برآورد شده می‌باشد.

جدول(۲): نتایج آزمون‌های اعتبارسنجی تأثیرات متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته

Table (2): The results of validation tests of the effects of independent variables on the dependent variable

آزمون‌ها	R	Pseudo R Square	Adjust R Square	Kolmogrov smirnov
مقدار	۰/۹۵۳	۰/۹۰۹	۰/۹۰۷	۰/۸۰۵
sig	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲

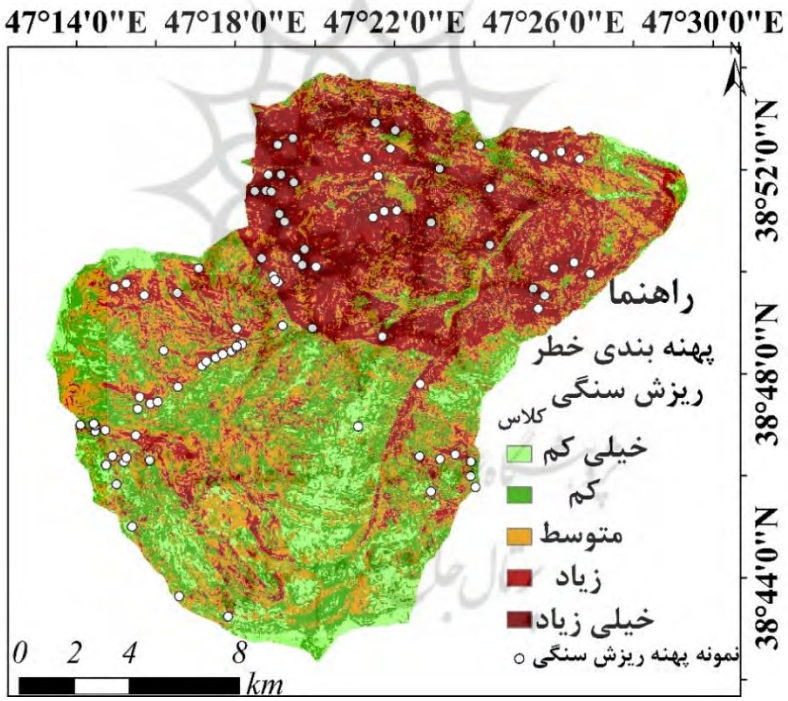
جدول(۳): نتایج آزمون خی‌دو در تأثیر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته

Table (3): The results of the two tests on the effect of independent variables on the dependent variable

متغیر مستقل	مقدار	درجه آزادی	Sig
لیتولوژی	۴/۳۱	۲	۰/۰۱
کاربری اراضی	۲/۲۱	۵	۰/۰۲
شیب	۴/۸۴	۵	۰/۰۱
ارتفاع	۳/۱۰	۴	۰/۰۴
فاصله از گسل	۴/۱۶	۴	۰/۰۱
فاصله از رود	۴/۱۸	۴	۰/۰۱
هم‌بارش	۳/۴۶	۴	۰/۰۳
هم‌دما	۳/۰۳	۴	۰/۰۳
هم‌تبخیر	۳/۲۳	۴	۰/۰۳

با توجه به این‌که تحلیل‌های آماری صحت تأثیرات متغیرهای مستقل را بر روی متغیر وابسته با توجه به وزن‌دهی کارشناسان بر حسب صفر و یک برای هر متغیر مورد تأیید قرار

داد، پهنه‌بندی خطر ریزش‌سنگی برای حوضه‌آبریز علی‌آباد با استفاده از نرم افزار ArcGIS انجام یافت و در این پهنه‌بندی از ۵ کلاس خطر ریزش خیلی‌زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی‌کم استفاده شد(شکل۵). جهت صحت‌سنجی مجدد پهنه‌بندی ریزش‌سنگی حوضه بر اساس نرم‌افزار ArcGIS مناطق ریزشی در منطقه که با مطالعات میدانی توسط GPS به صورت ۹۰ پهنه از کل حوضه ثبت شده بود، با لایه‌ی پهنه‌بندی مورد همپوشانی قرار گرفت(شکل۵). نتایج به صورت (جدول ۴) ارائه گردید.



شکل(۵): نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر ریزش سنگی حوضه

Figure (5): Map of zoning risk of rockfall in the basin

جدول(۴): نتیجه همپوشانی نقشه‌ی پهنه‌بندی با نقاط ریزش‌سنگی
Table (4): results of overlapping of zoning maps with rockfall points

پهنه‌بندی خطر ریزش	خیلی‌کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی‌زیاد
مقدار به عدد	۳	۷	۲۵	۲۵	۳۰
مقدار به درصد	۳/۳	۷/۷	۲۷/۷	۲۷/۷	۳۳/۳

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به تحلیل‌های رگرسیونی در این حوضه، از بین ۹ عامل مستقل مؤثر در تشکیل حرکات تـوده‌ای، عامل‌های لـیتولوژی و فاصله از گسل و رودخانـه و شیب دامـنه‌ها از مهم‌ترین عامل های تشکیل ریزش‌های سنگی می‌باشد. چرا که سیستم آبراهه‌ای حوضه به صورت کامل از زون گسلی تبعیت کرده و در انطباق کامل با آن قرار دارد و همین مسئله باعث شده تا این دو عامل با فرسایش دامنه‌ها و ایجاد برونزدهای سنگی خرد شده در برابر تکتونیک منطقه در معرض فرسایش‌های دمایی و بارشی حوضه قرار گرفته و تبدیل به یک حوضه واریزه‌خیز و حساس از لحاظ ریزش‌سنگی گردد. نتایج این تحقیق مطابق با نتایج رفیعی و همکاران(۱۳۹۴) می‌باشد که این محققین نیز عامل‌های تکتونیک و لیتولوژی را مهمترین عامل دانسته اند. در تحقیق حاضر سهم هر کدام از متغیرها براساس روابط آماری استخراج شده و مهم‌ترین عامل‌ها براساس رابطه متغیرهای مستقل با متغیر وابسته تبیین شده است. همتی و حجازی(۱۳۹۶) در پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از رگرسیون لجستیک در لواسانات به این نتیجه رسیدند که کاربری اراضی مهم‌ترین عامل وقوع زمین لغزش می‌باشد که با نتایج این تحقیق مطابقت ندارد با توجه به این که حوضه لواسانات بدلیل تغییرات کاربری اراضی بسیار شدیدی که در طی دوره‌ی مورد مطالعه صورت گرفته باعث تحریک دامنه به حرکات توده ای شده است در حالی که منطقه‌ی مورد مطالعه این تحقیق میزان تغییرات کاربری اراضی بسیار کمتر از حوضه‌ی لواسانات بوده و بر همین اساس بخاطر شرایط متفاوت دو حوضه نتایج این تحقیق متفاوت می‌باشد. (مهرجردی، ۱۳۹۶) در مطالعات منطقه خضرآباد، زون گسله خضرآباد را عامل ایجادکننده‌ی حرکات دامنه‌ای حوضه‌ی مذکور بیان داشته است لذا عوامل دیگر از لحاظ نگرش

سیستمی به بحث حرکات توده‌ای مدنظر قرار نگرفته است در حالی که در حوضه‌ی آبریز علی‌آباد عامل گسل و رودخانه و لیتولوژی به عنوان عامل های اصلی در ریزش بوده و عامل‌های دیگر به صورت مجموعه‌ای و سیستمی کامل‌کننده‌ی ریزش‌سنگی منطقه شده است، همان‌گونه که روستایی (۱۳۹۴) در مطالعه حرکات توده‌ای تنگه دره‌دیز از ۹ عامل به عنوان متغیر اصلی در ایجاد ناپایداری‌های دامنه‌ای استفاده نموده و نگرش سیستمی را مدنظر قرار داده است. با توجه به این‌که در این تحقیق نیز همانند مطالعه حرکات توده‌ای تنگه دره‌دیز از نگرش سیستمی بهره گرفته شده است، بر اساس پهنه‌بندی خطر ریزش در این حوضه و نمونه‌ی ریزش‌های ثبت شده با مطالعات میدانی در تحقیق حاضر مشخص می‌گردد که در حوضه آبریز علی‌آباد بخش شمال‌غربی با قرار گرفتن در پهنه‌ی خطر ریزش‌سنگی خیلی‌زیاد و زیاد دارای بیشترین استعداد ریزشی بوده و بخش‌هایی از شرق حوضه با قرار گرفتن در پهنه‌ی خطر زیاد نیز در این خصوص قابل تأمل و توجه می‌باشد و دلیل این امر بدین‌صورت می‌تواند بیان شود که با توجه به لایه‌ی شیب حوضه، فاصله‌ی طولی مرتفع‌ترین بخش‌ها در این قسمت از حوضه تا رودخانه‌ی علی‌آباد کمتر بوده و باعث گردیده است تا شیب حوضه برای رسیدن به تعادل دامنه‌ای و هیدرولوژیکی برش‌های عمیقی را انجام دهد و همین عامل نیز با توجه به لایه‌ی لیتولوژی، برونزدهای سنگی (گرانیت و ماسه سنگ) را افزایش داده و امکان فرسایش و ریزش‌های سنگی را در این بخش از حوضه افزایش داده است. بخش‌های جنوبی حوضه به علت وجود سازندهای آبرفتی و نهشته‌های رودخانه‌ای و عدم وجود شیب مناسب و کاهش میزان نسبی گسل نسبت به بخش‌های شمالی و شرقی با این که از ارتفاع قابل توجهی هم برخوردار است ولی در پهنه‌بندی خطر ریزش وضعیت خیلی‌کم و کم را دارد و در جنوب غربی حوضه با حضور برونزدهای سنگی(سنگ‌های آتشفشانی بازیک) حضور ریزش‌های سنگی مشاهده می‌گردد. این مسئله برای این‌که آسیب جدی در روند زندگی ساکنان حوضه نداشته باشد، باید مورد توجه مسئولان امر قرار گیرد تا خطرهای احتمالی این پدیده که شامل تهدید راه‌های ارتباطی و تهدید مزارع روستاییان و آسیب به تأسیسات الکتریکی و مخابراتی از قبیل دکل‌های برقی و مخابراتی و شکستن درختان باغات می‌باشد، تا حد توان مهار شده و

راهکارهای زیربنایی در این خصوص اعمال گردد. در نهایت انتخاب پارامترهای موثر بر حرکات دامنه‌ای در این تحقیق براساس نظر طیفی وسیعی از پژوهشگران داخلی و خارجی می‌باشد که این پژوهشگران در پهنه‌بندی و مطالعات امکان سنجی وقوع خطر حرکات توده‌ای از این فاکتورها استفاده کرده‌اند، همانطوری که نتایج تحقیق خیالونگ دنگ (۲۰۱۷) نشان می‌دهد شناسایی دقیق رفتار و مکانیسم حرکات توده‌ای نیازمند شناسایی تمامی عامل‌های موثر در وقوع حرکات توده‌ای می‌باشد که در این تحقیق سعی شد تمامی عامل‌های قابل دسترسی بررسی شوند. ولی برخی از عامل‌ها از جمله عامل ژئوتکتونیک به دلیل عدم دسترسی به چنین داده‌هایی از محدودیت‌های عمده‌ی مطالعه‌ی حاضر می‌باشد، با توجه به این دیدگاه ترکیبی مطالعه حاضر(استفاده همزمان از تکنیک‌های سنجش ازدور، تکنیک‌های آماری و مطالعات میدانی) دسترسی به چنین داده‌هایی نتایج تحقیق را با واقعیت زمینی بسیار مستندتر می‌کنند.

- تقدیر و تشکر

نگارندگان نهایت تشکر و قدردانی را از سازمان منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی و شهرداری و جهاد کشاورزی شهرستان هوراند، به علت همکاری صمیمانه در خصوص داده‌های مورد نیاز در تحقیق و تسهیل در امر مطالعات میدانی انجام یافته دارد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۵- منابع

Abedini, M. and Ghasemian, B. and Shirzadi, A. (2014). Modeling the risk of landslide using statistical model of logistic regression (Bijar city), *Geography and Development*, 37, 85-102

Chang, K.G. (2018). Geomorphological evolution of landslides near an active normal fault in northern Taiwan, as revealed by lidar and unmanned aircraft system data, *Natural Hazards and Earth System Sciences*,32, 709 – 727.

Deng, D, Li, L, Tan, Y. (2017). Validation of spatial prediction models for landslide susceptibility mapping by considering structural similarity, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6, 2-16.

Esfandiari, F and Salahi, B and Hassanzadeh, R. (2015). Evaluation of Neotectonic Activities of Alborz Aliabadchai Horand Basin Using Tectonic Indicators), *Earth Science Research*, 22, 84 - 99.

Esfandiari, F. (2006). Landslide potential risk landslide in Sardabeh area (eastern slope of Sabalan) - First Geography Conference and 21st Century Najafabad, 18, 105 -23.

Hemmati, F. and Hejazi, S. (2017). Landslide Risk Zoning Using Logistic Regression Statistical Method in Lavasanat catchment area, *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 45, 7-24.

Liang, G. & Shan, Z. (2017). The status and prospect of research into protective stractures of bridge piers against ruckfall impact, Integrated Environmental Solutions, 53, 1-5.

Maghami, M.M and Iranpanah,N. (2011). Good fitness test for weight distribution, *Journal of Advanced Mathematical Modeling*, 2, 37-83.

Mohammadzadeh, K. and Bahmani, S. and Fathi, M.H. (2017). Evaluation of logistic regression method in investigating landslide occurrence potential case study: The southern shore of Ahar watershed from the village Nasirabad to Sattarkhan Dam, *Hidrogeomorphology Journal*, 11, 127-148.

Piacentini, D. (2015), Rock fall runout Mount Cimone area Emilia Romagna Region Italy, *Jurnal of Maps*, 47, 598-605.

Rafiei, M. and Asadian, and Yarahmadi, J. (2015). The Role of Tectonic and Lithological Factors in Range Stability in the Northern Highlands of Lake Urmia Using GIS, Twelfth Year, 46, 23-40.

Rahimpour, T. and Roustaei, S. and Nokhostin Rouhi, M. (2017). Landslide Risk Zoning Using Hierarchical Process and GIS Reservoir of Ardabil Sardol Tea Basin, *Hydrogeomorphology*, 13, 10-20.

Ramezani Omali, R and Hafizi Moghaddas, N and Heidari, K. (2015). The Danger of Stone Falling Risk in the Heights of the North of Shahroud, *Journal of Earth Sciences*, Year 24, 95, 26-47.

Roustaei, S and Mokhtari, D and Khodaei, F. (2015). Application of Logistics Regression Method in Risk Management of Range of Sustainability in Mountainous Roads (Darhiz Strait), *Journal of Natural Environment Hazards*, 6, 89-103.

Roustaei, S and Khodaei, L. (2016). Evaluation of Network Analysis and Logistics Regression Methods in Investigating the Potential of Landslide Occurrence in the Axis and Reservoir of Qala-e-Chai Dam, Quantitative Geomorphological Research, 5, 67-80.

Roustaei, and Mokhtari, D and Hoseyni, Z. (2015). Investigation of landslide potential in Maymeh river basin In Ilam province by ANP network analysis method, Hidrigeomorphology Journal, 4, 101-123.

Shirani, K and Arab Ameri, A. (2015). Landslide Risk Zoning Using Logistic Regression Method (Upper Dez Basin), *Journal of Agricultural Science and Technology and Natural Resources*, Nineteenth Year, 72, 321-334.

Yang lio et al., (2018). Geographically weighted temporally correlated logistic regression model, *Scientific reports*, 35, 1-14.

Zare Mehrjerdi, A. A. (2017). The role of fault zone in Yazd's Khezrabad region in creating mass movements, *Geography and developmen*, 48, 59-78.