نشریه زمین شناسی ژئوتکنیک
سال ۱۰ (۱۳۹۳)، شماره ۳: ۲۱۹-۲۰۹
WWW.appliedgeology.ir

بررسی و مقایسه شاخص‌های ارزش اطلاعات و تراکم سطح در تهیه نقشه‌های خطر زمین لغزش (مطالعه موردی: منطقه پیشکوه فریدونشهر اصفهان)

کورش شیرانی[۱]، احمد نصر[۲]، جعفر رهنمارد[۳]، عبدالرسول شفیعی دستجردی[۱]*

استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان

کارشناس ارشد زمین شناسی مهندسی، شرکت مهندسین مشاور زایندآب

دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان

*) عهده دار مکاتبات: a.shafiey@areo.ir

دریافت: ۹۴/۴/۱۳؛ دریافت اصلاح شده: ۹۴/۶/۱۵؛پذیرش: ۹۴/۶/۳۰؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۴/۹/۱۵

چکیده

شناسایی و تأثیر حرکات توده‌ای به‌عنوان یکی از جلوه‌های فرسایش در تهدید مناطق مسکونی، مزارع، مخازن سدها، جاده‌ها و غیره از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. منطقه پیشکوه با وسعت ۱۲۷ کیلومترمربع در غربی ترین بخش استان اصفهان و در ۸۰ کیلومتری غرب شهرستان فریدونشهر قرار دارد. جهت انجام مطالعات ابتدا با استفاده از عکس هوایی، داده‌های ماهواره‌ای TM Landsat و پیمایش صحرایی، پراکنش زمین‌لغزش‌ها در گستره‌ی مورد مطالعه مشخص گردید. در مرحله بعد عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش شامل لیتولوژی، شیب، فاصله از آبراهه، فاصله از گسل، فاصله از جاده، بارندگی سالیانه و پوشش گیاهی شناسایی گردید. سپس با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و نرم‌افزارهای ILWIS و ArcGIS و بر اساس پارامترهای مؤثر در لغزش، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش تهیه گردید. برای انجام پهنه‌بندی از روش‌های دومتغیره آنالیز ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح جهت پهنه‌بندی منطقه استفاده گردید. درنهایت مشخص گردید که پارامترهای لیتولوژی، پوشش گیاهی و بارندگی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش می‌باشند. مقایسه دو روش پهنه‌بندی آماری دومتغیره با استفاده از دو شاخص ارزش اطلاعات (Information Value) و تراکم سطح (Density Area) نشان دادند که روش آنالیز ارزش اطلاعاتی، پهنه‌های با خطر بالا و بسیار بالا را بهتر از روش تراکم سطح از هم متمایز می‌کند. همچنین در هر دو روش پهنه‌های با خطر کم و متوسط به خوبی از هم متمایز نمی‌شود. بنابراین روش پهنه‌بندی ارزش اطلاعاتی نسبت به روش تراکم سطح برای منطقه مورد مطالعه مناسب‌تر بوده و ارجحیت دارد.

واژه‌های کلیدی: پیشکوه، پهنه‌بندی، زمین‌لغزش، ارزش اطلاعات (IV)، تراکم سطح (DA).

۱-مقدمه

کشور ایران از جمله سرزمین‌هایی است که شرایط توپوگرافی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، تکتونیکی و اقلیمی، آن را از لحاظ حرکات دامنه‌ای مستعد ساخته است. زمین‌لغزه‌ها، خاک روانه‌ها و سایر انواع حرکات توده‌ای در اکثر مواقع بهترین خاک کشاورزی را به سوی جاده‌ها، دامنه ارتفاعات، اعماق رودخانه‌ها، مناطق مسکونی و مخازن سدها می‌کشاند (معماریان ۱۳۷۴) و موجب انسداد راه‌ها، از بین رفتن اراضی زراعی، تخریب اماکن و باغات و نهایتاً هدر رفتن مقادیر عظیمی از خاک می‌گردد (Varnes 1978). به طور کلی پهنه‌بندی عبارت است از تقسیم‌بندی سطح زمین به مناطق مجزا و رتبه‌بندی کردن این مناطق بر اساس درجه واقعی یا پتانسیل خطر ناشی از بروز زمین‌لغزش یا دیگر حرکات توده‌ای روی شیب‌ها (شریعت جعفری ۱۳۷۵). به جرئت می‌توان گفت، ازجمله حساس‌ترین و مهم‌ترین مسائل در پروژه‌های عمرانی، همچون انتخاب مسیر احداث بزرگراه‌ها و راه‌های اصلی و فرعی کوهستانی، انتخاب محل احداث سدهای خاکی، بتونی و همچنین آب‌بندها و کانال‌های انتقال آب، احداث تونل‌های عبور و مرور، طرح‌هایی همچون توسعه جنگل‌ها و مراتع طبیعی و هرگونه توسعه معدنی در گرو مطالعه پایداری شیب‌های طبیعی منطقه است.

با استفاده از روش آماری ارزش اطلاعاتی (Information Value)، وزن پارامترها و تراکم سطح، منطقه کارون میانی در استان چهار محال بختیاری را پهنه‌بندی نمود. نهایتاً روش ارزش اطلاعاتی به‌عنوان مناسب‌ترین روش و روش وزن پارامترها و تراکم سطح در مراحل بعدی قرار گرفتند.

سیارپور (۱۳۷۸) منطقه جنوب خلخال را پهنه‌بندی نمود و نتیجه گرفت که روش ارزش اطلاعاتی بهترین مدل برای منطقه مورد مطالعه است. شیرانی (۱۳۸۲) حوضه رودخانه ماربر در منطقه سمیرم واقع در جنوب استان اصفهان را با استفاده از هفت روش از روش‌های متداول، پهنه‌بندی نمود، نهایتاً مشخص گردید که بعد از روش‌های چند متغیره، روش دو متغیره آنالیز ارزش اطلاعاتی مناسب‌ترین مدل می‌باشد. در یک جمع‌بندی کلی می‌توان نتیجه گرفت، درصورتی‌که عوامل مؤثر در زمین‌لغزش در هر منطقه با دقت تعیین گردند، روش‌های آماری انطباق مناسبی با شرایط مناطق مختلف دارد.

شیرانی (۱۳۸۴) و شیرانی و همکاران (۱۳۸۵) در منطقه سمیرم و شیرانی و سیف (۱۳۹۱) در منطقه فریدونشهر با استفاده از دو پارامتر مجموع کیفیت (Qs) و دقت نتایج پیش‌بینی‌شده (P) روش‌های آماری را مورد ارزیابی قرار دادند و نتیجه گرفتند که روش‌های آماری دومتغیره نسبت به روش‌های آماری چند متغیره در عین سادگی دارای دقت قابل قبولی بوده و از این نظر انطباق بیشتری با پتانسیل لغزه‌خیزی منطقه خواهند داشت.

به طور کلی روش‌های مختلف پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش (Landslide Hazard Zonation) به دو صورت تجربی و آماری تقسیم می‌شود (Varnes 1984) که بنا بر شرایط هر منطقه یکی از این روش‌ها بیشترین انطباق را با شرایط طبیعی منطقه دارا می‌باشد. هدف از این نوشتار، ارزیابی و مقایسه روش‌های پهنه‌بندی آماری دو متغیره جهت تعیین روشی است که بیشترین انطباق را با شرایط طبیعی منطقه داشته باشد.

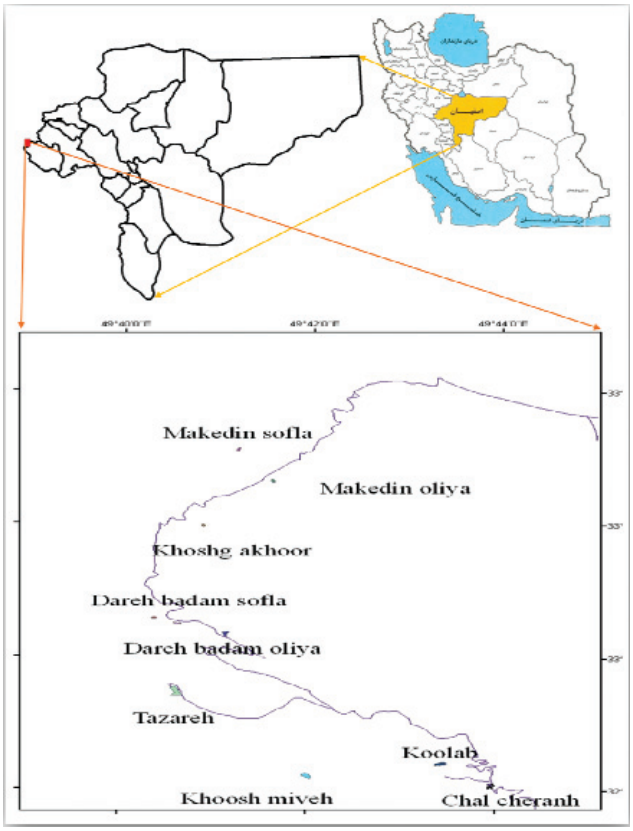
منطقه مورد مطالعه بین طول‌های جغرافیایی "۵۸'۳۸°۴۹ تا "۰۲'۴۵°۴۹ و عرض‌های جغرافیایی "۴۰'۵۷°۳۲ تا "۵۵'۰۴°۳۳ واقع گردیده است. وسعت محدوده ۱۲۷ کیلومترمربع بوده و در ۸۰ کیلومتری غرب شهرستان فریدونشهر در منطقه پیشکوه و در غربی‌ترین بخش استان اصفهان قرار دارد (تصویر ۱). این منطقه جزء حوضه آبریز وهرگان بوده، که از حوضه‌های اصلی دز علیا می‌باشد و به رودخانه کارون می‌پیوندد. روستاهای واقع در این محدوده عبارت‌اند از خشک‌آخور، مکدین علیا، مکدین سفلی، دره بادام علیا، دره بادام سفلی، خسروآباد، کولاب، چال چرانه، خوش میوه و تزره.

۲- مواد و روش‌ها

در این مطالعه ابتدا با استفاده از عکس‌های هوایی ۱:۴۰۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور و تصویر ماهواره‌ای لندست تی‌ام (Landsat TM) و همچنین پیمایش صحرایی، پراکنش زمین‌لغزش‌ها در منطقه مورد مطالعه در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ به نقشه درآمد. در مرحله بعد با استفاده از داده‌های موجود، نقشه‌های پایه و تصاویر ماهواره‌ای لایه‌های اطلاعاتی عوامل مؤثر در زمین‌لغزش تهیه گردید.

پس از تعیین درصد مساحت زمین‌لغزش در طبقات مختلف عوامل، کمی کردن عوامل مؤثر و وزن‌دهی به طبقات با توجه به عوامل مدل‌های ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح صورت پذیرفت و نقشه‌های

عوامل بر اساس مقادیر وزنی تهیه گردید. جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی، نقشه وزنی عوامل مؤثر با هم جمع جبری شده و بر اساس نقاط عطف نمودار تجمعی فراوانی وزن‌ها، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش به دست آمد و در پایان با استفاده از دو شاخص DR و IV دقت و صحت این دو روش مورد ارزیابی قرار گرفت.



تصویر ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۲-۱- پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش به روش آماری دومتغیره

در روش‌های آماری، رابطه پارامتر مؤثر در وقوع زمین‌لغزش با پراکندگی زمین‌لغزش‌ها مورد سنجش و ارزیابی قرار می‌گیرد (اشقلی فراهانی ۱۳۸۰). بر اساس این ارزیابی وزن و سهم مشارکت هر یک از طبقات و واحدهای پارامتر مؤثر در وقوع زمین‌لغزش محاسبه می‌شود (Saro Lee 2001). ازجمله روش‌های مشهور در روش آماری دومتغیره، روش ارزش اطلاعات و روش تراکم سطح می‌باشد. در ادامه به طور مختصر اصول این دو روش شرح داده می‌شود.

۲-۲- روش آماری دومتغیره ارزش اطلاعات

این روش در سال ۱۹۸۸ توسط یان و ین ابداع گردید (Yin & Yan).

در این روش با توجه به رابطه‌ی پارامترهای مؤثر در وقوع زمین‌لغزش با پراکندگی زمین‌لغزش‌ها اقدام به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش می‌گردد (Ilwis Applications 1997). بر این اساس وزن و سهم هر یک از پارامترها در وقوع زمین‌لغزش بر اساس رابطه ۱ به دست می‌آید.

رابطه (۱):

$$Lnw_i = Ln\left(\frac{Densclass}{Densmap}\right) = Ln\left(\frac{\frac{Npix(Si)}{Npix(Ni)}}{\frac{\sum Npix(Si)}{\sum Npix(Ni)}}\right)$$

که در آن W_i وزن مربوط به طبقه مشخص از یک پارامتر، Densclass تراکم زمین‌لغزش در طبقه مشخص از یک پارامتر، Densmap تراکم زمین‌لغزش در کل محدوده، $Npix(S_i)$ تعداد سلول‌ها یا مساحت زمین‌لغزش‌های اتفاق افتاده در هر طبقه از پارامتر، $Npix(N_i)$ تعداد سلول‌ها یا مساحت کل هر طبقه از پارامتر می‌باشند.

پس از تهیه نقشه‌های وزنی مربوط به پارامترهای مؤثر در وقوع زمین‌لغزش، همه آنها با هم جمع شده و یک نقشه وزنی تجمعی حاصل می‌گردد. در مورد مقدار عددی وزن‌ها، هر چه عدد منفی‌تر باشد نشان‌دهنده‌ی تأثیر کمتر پارامتر مربوطه در وقوع زمین‌لغزش می‌باشد و عدد مثبت‌تر نشان‌دهنده تأثیر بیشتر می‌باشد.

۲-۳- روش آماری دومتغیره تراکم سطح

در این روش همانند روش ارزش اطلاعاتی از طریق روابط ۲ و ۳، برای هر نقشه‌ی عامل یا پارامتر، تراکم زمین‌لغزش محاسبه می‌گردد و سپس همانند مراحل ذکر شده در روش ارزش اطلاعاتی اقدام به تهیه نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش می‌گردد (Lee 2001).

رابطه (۲):

$$D_{area} = 1000\frac{Npix(SX_i)}{Npix(X_i)}$$

رابطه (۳):

$$W_{area} = 1000\frac{Npix(SX_i)}{Npix(X_i)} - 1000\frac{\sum Npix(SX_i)}{\sum Npix(X_i)}$$

که در آن Darea تراکم زمین‌لغزش در هر رده از پارامتر، $Npix\ (SX_i)$ تعداد پیکسل‌های زمین‌لغزش در هر رده از هر پارامتر مشخص، $Npix\ (X_i)$ تعداد کل پیکسل‌ها در هر رده از پارامتر مشخص، Warea وزن متغیر هر رده از هر پارامتر.

۲-۴-شاخص خطر وقوع زمین لغزش (Landslide Index)

شاخص خطر زمین لغزش عبارت است از درصد نسبت سطح لغزش یافته در هر پهنه به مساحت آن پهنه تقسیم بر نسبت مجموع لغزش به سطح کل پهنه ها (Van Westen 1998). این شاخص بر اساس رابطه ۴ محاسبه می گردد. نسبت مساحت زمین لغزش های واقع شده در هر پهنه خطر به مساحت آن پهنه خطر، شاخصی است که استعداد نسبی وقوع زمین لغزش در آن پهنه را مشخص می کند.

رابطه (۴):

$$LI = ((Si / Ai) / (\sum_{1}^{n} (Si / Ai))) \times 100$$

که در آن LI شاخص خطر وقوع زمین لغزش در هر پهنه خطر به درصد، Ai مساحت هر پهنه خطر، Si مساحت لغزش در هر پهنه خطر و n تعداد پهنه ها می باشد.

۲-۵-شاخص تراکم نسبی زمین لغزش

عبارت است از درصد مساحت زمین لغزش ها (Si)، در هر پهنه تقسیم بر درصد مساحت کل هر پهنه (Ai). این پارامتر بر اساس رابطه ۵ محاسبه می گردد (Van Westen 1998).

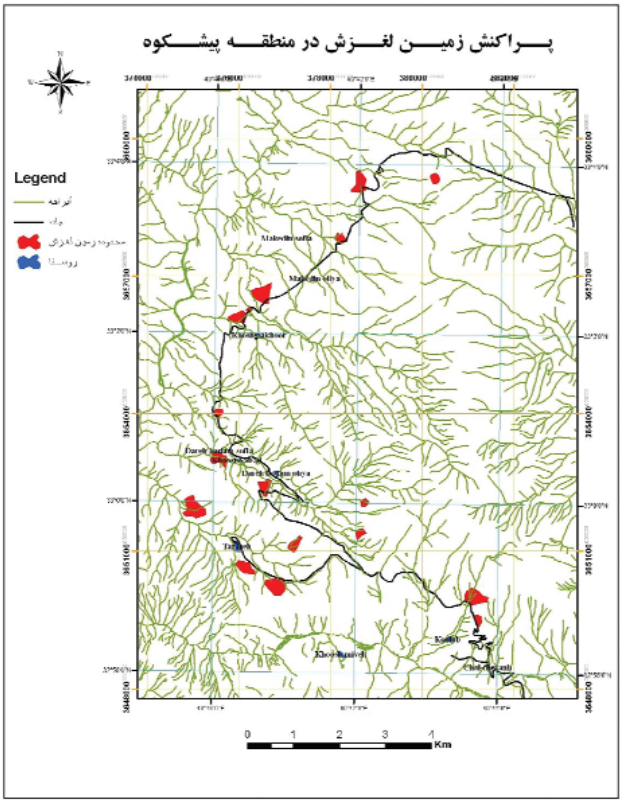
رابطه (۵):

$$DR = (Si / Ai)$$

۳-نتایج

۳-۱-پراکنش زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه

برای ارزیابی و تعیین خطر زمین لغزش در هر منطقه، مهم ترین مرحله، شناسایی و بررسی زمین لغزش های به وقوع پیوسته و مطالعه عواملی است که این زمین لغزش ها را کنترل می کنند (شریعت جعفری ۱۳۷۵). در واقع به نقشه درآوردن زمین لغزش های قدیمی و جدید منطقه مبنای کار و تهیه نقشه پهنه بندی است. جهت به نقشه درآوردن انواع زمین لغزش های به وقوع پیوسته در محدوده مورد مطالعه، ابتدا عکس های هوایی منطقه، مربوط به سال ۱۳۷۴ با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ به روش استرئوسکوپی و همچنین داده های ماهواره ای لندست ۵ توسط نرم افزار ER Mapper تفسیر گردیدند و مناطق مشکوک به لغزش تعیین گردید. سپس در مرحله بعد با انجام پیمایش صحرایی دقیق، موقعیت لغزش ها (مختصات جغرافیایی) با استفاده از دستگاه GPS با دقت زیاد به نقشه درآمد (تصویر ۲). لغزش های موجود در منطقه عمدتاً شامل لغزش های خاکی می باشند، در مجموع در محدوده ی مورد مطالعه ۱۸ عدد زمین لغزش به نقشه درآمد که از این تعداد ۱۶ عدد از نوع لغزش خاکی و ۲ عدد از نوع ریزش سنگی می باشد.



تصویر ۲- پراکنش زمین لغزش ها در منطقه ی مورد مطالعه

۳-۲-لایه های اطلاعاتی

در این مطالعه پس از بررسی عوامل مختلف مؤثر در زمین لغزش نهایتاً ۷ عامل به عنوان عوامل اصلی شناسایی گردید. این عوامل عبارت اند از:

۳-۲-۱-شیب

نقشه شیب منطقه مورد مطالعه با استفاده از نقشه های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور تهیه گردید. این نقشه بر حسب درصد به ۸ رده تقسیم می شود، بر اساس جدول ۱ از نظر وزنی رده ۱۲ تا ۲۵ درصد دارای بیشترین میزان زمین لغزش می باشد. با توجه به اینکه حداکثر شیب مناسب جهت تشکیل خاک (اجزاء سست و ناپیوسته) رده ۱۲ تا ۲۵ درصد می باشد، لذا این رده می تواند دارای حداکثر پتانسیل زمین لغزش باشد. همچنین صرف نظر از مناطق هموار، کم شیب و دشت که کمترین پتانسیل زمین لغزش را دارند در مناطق پرشیب (بیشتر از ۷۰ درصد) بر خلاف انتظار کمترین

پتانسیل لغزش وجود دارد که به علت عدم تشکیل خاک و وجود پهنه‌های صخره‌ای و پیوسته می‌باشد.

۳-۲-۲- لیتولوژی

نقشه لیتولوژی منطقه مورد مطالعه پس از انجام بررسی‌های دقیق نقشه‌های زمین‌شناسی، داده‌های ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی و پیمایش صحرایی تهیه گردید. در جدول ۲ مقادیر وزنی واحدهای مختلف آورده شده است. واحد مارن متعلق به عهد حاضر (Qm2) بیشترین تأثیر را در وقوع زمین‌لغزش‌ها دارا می‌باشد. این واحد لیتولوژی به دلیل دارا بودن ویژگی‌هایی از قبیل، هوازدگی شدید، نفوذپذیری کم و باقی ماندن حجم زیادی آب در داخل آن، همچنین عدم وجود پوشش گیاهی چشمگیر، حتی در شیب‌های کم نیز امکان لغزش و حرکت دارد. در مرتبه بعدی تشکیلات مارن و کنگلومرای عهد حاضر (Qm1) قرار دارند. رسوبات کنگلومرایی پلیوسن (Plc)، شیل و رادیولاریت‌های الیگومیوسن (OM) و رادیولاریت‌های متعلق به کرتاسه (Kr) به ترتیب تأثیر کمتری در وقوع زمین‌لغزش دارند.

۳-۲-۳- بارندگی سالیانه

بارندگی یکی از عوامل بسیار مهم در ایجاد و تسریع زمین‌لغزش‌ها می‌باشد. نقش آب در گسیختگی شیب‌ها و وقوع لغزش و همچنین به صورت عامل کاهش‌دهنده مقاومت برشی سطوح می‌باشد (Cornforth 2005). نقشه بارندگی سالیانه بر اساس آمار ۳۰ ساله ایستگاه‌های واقع در محدوده مورد مطالعه تهیه گردید. ترسیم منحنی‌های هم باران با استفاده از روش آماری میان‌یابی و در محیط نرم‌افزار Surfer صورت گرفت. در جدول ۳ طبقات هم‌باران سالیانه و مقادیر وزن آنها نشان داده شده است.

شایان ذکر است، در بسیاری از موارد برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش بجای استفاده از عامل بارندگی سالیانه از عامل شدت بارندگی استفاده می‌گردد، ولی در مورد منطقه مورد مطالعه به علت جنس توده لغزشی که مارنی می‌باشد و دارای نفوذپذیری خیلی کم است، شدت بارندگی نقش چندانی نمی‌تواند داشته باشد و آنچه مهم است دوام بارندگی است که معمولاً در ماه‌های بهمن تا اردیبهشت بیشترین میزان بارندگی در منطقه وجود دارد.

۳-۲-۴- فاصله از جاده

نقشه جاده با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه گردید. سپس در محیط ArcGIS میزان فاصله از جاده به سه رده تقسیم گردید. بر اساس جدول ۴ با افزایش فاصله از جاده پتانسیل زمین‌لغزش کاهش می‌یابد.

جدول ۱- رده های مختلف شیب در منطقه مورد مطالعه

طبقه‌بندی شیب بر حسب درصد	مساحت هر طبقه از شیب (km^2)	مساحت زمین لغزش در هر طبقه از شیب (km^2)	تراکم زمین لغزش در هر طبقه از شیب	وزن هر طبقه در روش ارزش اطلاعات	وزن هر طبقه در روش تراکم سطح
۰-۲	۰/۴۳۷	۰	۰/۰۰۰	-۶/۷۷	-۸/۶۹
۲-۵	۲/۸۰۴	۰	۰/۰۰۰	-۶/۷۷	-۸/۶۹
۵-۸	۳/۵۲۲	۰/۰۰۹	۰/۰۰۳	-۱/۲۱	-۶/۱۰
۸-۱۲	۴/۸۸۷	۰/۰۲۲	۰/۰۰۴	-۰/۶۸	-۴/۳۰
۱۲-۲۵	۲۹/۳۸۲	۰/۴۹۶	۰/۰۱۷	۰/۶۶	-۸/۲۰
۲۵-۴۰	۲۳/۹۸۵	۰/۲۰۶	۰/۰۰۹	-۰/۰۱	-۰/۱۰
۴۰-۷۰	۴۸/۷۵۴	۰/۳۴۴	۰/۰۰۷	-۰/۲۰	-۱/۶۰
>۷۰	۱۴/۵۰۱	۰/۰۳۹	۰/۰۰۳	-۱/۱۷	-۶/۰۰

جدول ۲- واحدهای لیتولوژی در منطقه مورد مطالعه

طبقه‌بندی لیتولوژی	مساحت هر طبقه (km^2)	مساحت‌زمین لغزش در هر طبقه (km^2)	تراکم زمین لغزش در هر طبقه	وزن هر طبقه در روش ارزش اطلاعات	وزن هر طبقه در روش تراکم سطح
Ef	۱/۱۳۹	۰	۰/۰۰۰	-۶/۷۸	-۸/۷۹
K3	۴۰/۰۰۱	۰/۱۲۶	۰/۰۰۳	-۱/۰۴	-۵/۷۰
Klr	۴/۳۷۰	۰	۰/۰۰۰	-۶/۷۸	-۸/۷۹
Kr	۱۸/۳۷۵	۰/۰۴۷	۰/۰۰۳	-۱/۲۶	-۶/۳۰
M	۱۲/۶۶۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	-۴/۴۸	-۸/۷۰
OM	۳/۸۱۸	۰/۰۲۱	۰/۰۰۵	-۰/۴۹	-۳/۴۰
Plc	۴/۸۶۳	۰/۰۵۹	۰/۰۱۲	۰/۳۱	۳/۲۰
Ql	۱۱/۴۳۸	۰	۰/۰۰۰	-۶/۷۸	-۸/۷۹
Qal	۲/۵۹۹	۰	۰/۰۰۰	-۶/۷۸	-۸/۷۹
Qm1	۲۱/۶۴۸	۰/۵۵۷	۰/۰۲۶	۱/۰۷	۱۶/۹۰
Qm2	۵/۹۷۵	۰/۳۰۴	۰/۰۵۱	۱/۷۶	۴۲/۱۰

جدول ۳- طبقات بارندگی سالیانه

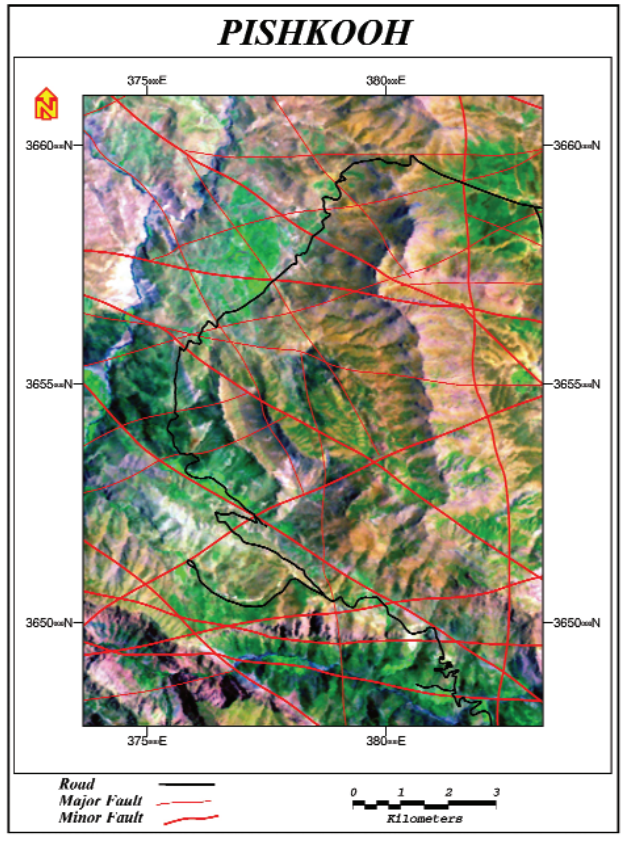
طبقه‌بندی بارندگی سالیانه بر حسب میلیمتر	مساحت هر طبقه (km^2)	مساحت زمین لغزش در هر طبقه (km^2)	تراکم زمین لغزش در هر طبقه	وزن هر طبقه در روش ارزش اطلاعات	وزن هر طبقه در روش تراکم سطح
۵۳۰-۵۶۰	۱۰۷۱۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۱	-۱/۸۳	-۷/۳۰
۵۶۰-۵۹۰	۵۲/۱۰۹	۰/۳۱۷	۰/۰۰۶	-۰/۳۶	-۲/۶۰
۵۹۰-۶۲۰	۴۰/۲۷۱	۰/۵۶۵	۰/۰۱۴	۰/۴۸	۵/۳۰
>۶۲۰	۲۵/۱۷۶	۰/۲۱۸	۰/۰۰۹	۰	۰

۳-۲-۵- فاصله از گسل

برای تهیه نقشه گسل‌های منطقه از داده‌های ماهواره‌ای Landsat TM و محیط نرم‌افزار ER Mapper استفاده گردید. با استفاده از فرآیند بارزسازی، تصاویر گسل‌ها و شکستگی‌های اصلی و فرعی منطقه به‌دقت شناسایی گردید. جهت بارزسازی تصاویر معمولاً از یکسری فیلترهای مکانی استفاده می‌شود. از جمله فیلترهای مورد استفاده در این پژوهش، فیلترهای گذر بالا و زاویه تابش خورشید می‌باشد. تصویر ماهواره‌ای تصویر ۳ از پردازش داده‌های ماهواره لندست پنج به صورت RGB=741 پس از اعمال فیلتر گذر بالا از نوع Sharpen 2 و اعمال کشیدگی از نوع Histogram equalize بر روی هر باند ایجاد شده است. بر اساس جدول ۵ با افزایش فاصله از گسل پتانسیل زمین‌لغزش کاهش می‌یابد.

۳-۲-۶- فاصله از آبراهه

نقشه آبراهه نیز همانند نقشه جاده با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ تهیه گردید. بر اساس جدول ۶ رده ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر بیشترین پتانسیل لغزش را دارا می‌باشد. به نظر می‌رسد که با افزایش فاصله از آبراهه باید میزان پتانسیل زمین‌لغزش کاهش یابد، ولی در این منطقه به دلیل تأثیر همزمان عوامل دیگری نظیر مقدار شیب و نوع لیتولوژی رابطه مستقیم وجود ندارد.



تصویر ۳- تصویر ماهواره ای محدوده مورد مطالعه همراه با گسل های مورد بررسی

۳-۲-۷- پوشش گیاهی و کاربری اراضی

از آنجایی که نوع پوشش گیاهی و کاربری اراضی در وقوع پدیده زمین‌لغزش مؤثر می‌باشد، لذا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور و همچنین پیمایش صحرایی اقدام به تهیه نقشه پوشش گیاهی گردید. در محدوده مطالعاتی می‌توان پوشش‌های مختلفی را تعیین نمود. بخشی از اراضی فاقد پوشش گیاهی هستند. این اراضی به صورت صخره‌های سنگی رخنمون دارند و یا پوششی از رسوبات منفصل واریزه‌ای آنها را فراگرفته و فاقد هرگونه رویش گیاهی هستند. نوع دیگری از پوشش گیاهی موجود در محدوده اراضی مرتعی است. در نقشه تهیه شده بر

جدول ۴- طبقات فاصله از جاده

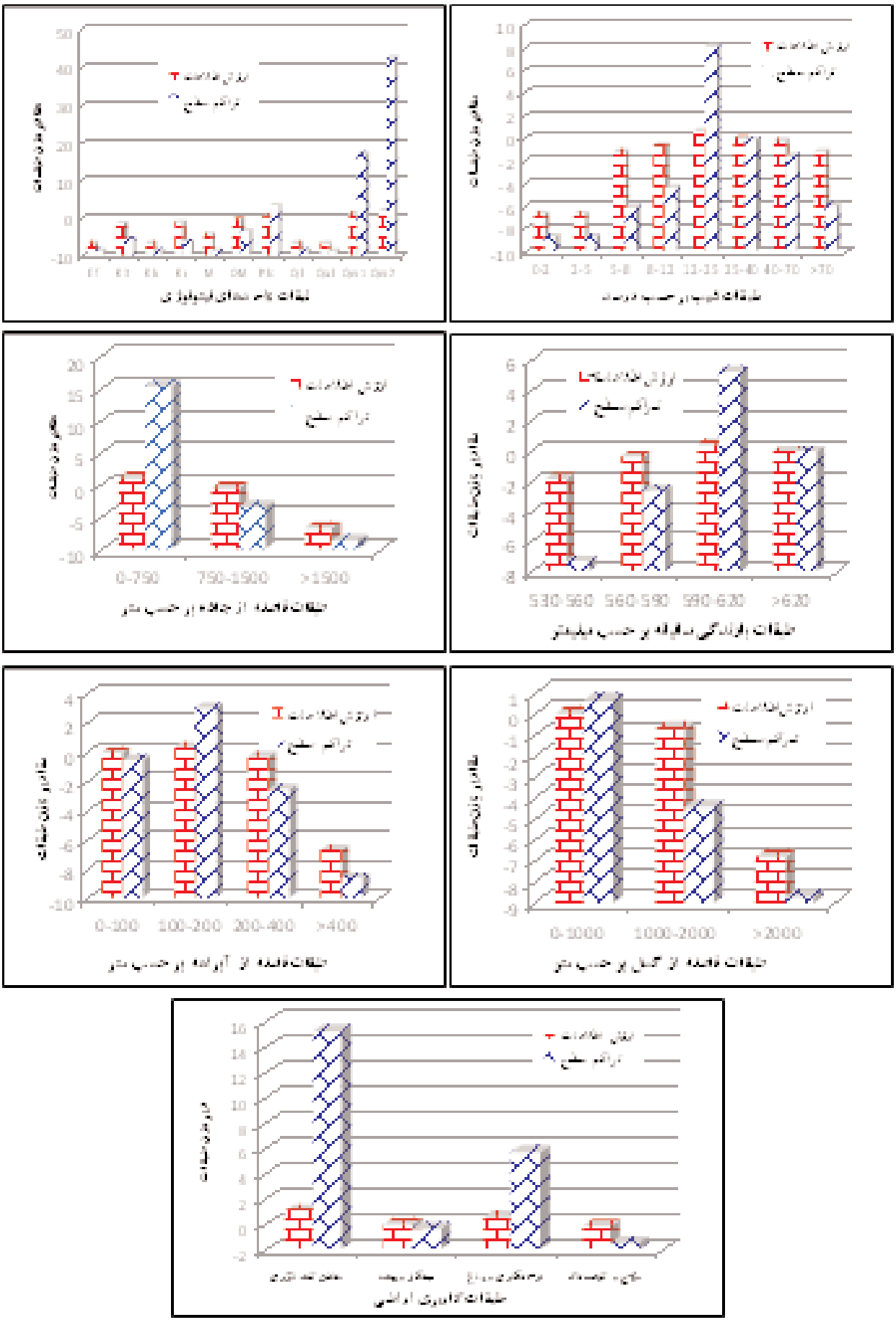
طبقه‌بندی فاصله از جاده بر حسب میلیمتر	مساحت هر طبقه (km^2)	مساحت‌زمین لغزش در هر طبقه (km^2)	تراکم زمین لغزش در هر طبقه	وزن هر طبقه در روش ارزش اطلاعات	وزن هر طبقه در روش تراکم سطح
۰-۷۵۰	۳۹/۵۹۰	۰/۹۴۹	۰/۰۲۴	۱/۰۲	۱۵/۳۰
۷۵۰-۱۵۰۰	۳۲/۱۷۰	۰/۱۶۷	۰/۰۰۵	-۰/۵۲	-۳/۵۰
>۱۵۰۰	۵۶/۵۱۰	۰	۰/۰۰۰	-۶/۷۷	-۸/۶۹

جدول ۵- طبقات فاصله از گسل

طبقه‌بندی فاصله از گسل بر حسب متر	مساحت هر طبقه (km^2)	مساحت‌زمین لغزش در هر طبقه (km^2)	تراکم زمین لغزش در هر طبقه	وزن هر طبقه در روش ارزش اطلاعات	وزن هر طبقه در روش تراکم سطح
۰-۱۰۰۰	۱۱۱/۹۴۷	۱/۰۴۹	۰/۰۰۹	۰/۰۸	۰/۷۰
۱۰۰۰-۲۰۰۰	۱۵/۲۲۷	۰/۰۶۶	۰/۰۰۴	-۰/۷۱	-۴/۴۰
>۲۰۰۰	۱/۰۹۸	۰	۰	-۶/۷۷	-۸/۶۹

جدول ۶- طبقات فاصله از آبراهه

طبقه‌بندی فاصله از آبراهه بر حسب متر	مساحت هر طبقه (km^2)	مساحت‌زمین لغزش در هر طبقه (km^2)	تراکم زمین لغزش در هر طبقه	وزن هر طبقه در روش ارزش اطلاعات	وزن هر طبقه در روش تراکم سطح
۰-۱۰۰	۹۱/۲۹۴	۰/۷۳۵	۰/۰۰۸	-۰/۰۷	-۰/۶۰
۱۰۰-۲۰۰	۲۷/۸۹۶	۰/۳۲۶	۰/۰۱۲	۰/۳۰	۳/۰۰
۲۰۰-۴۰۰	۸/۸۱۰	۰/۰۵۴	۰/۰۰۶	-۰/۳۶	-۲/۶۰
>۴۰۰	۰/۲۷۱	۰	۰	-۶/۷۷	-۸/۶۹



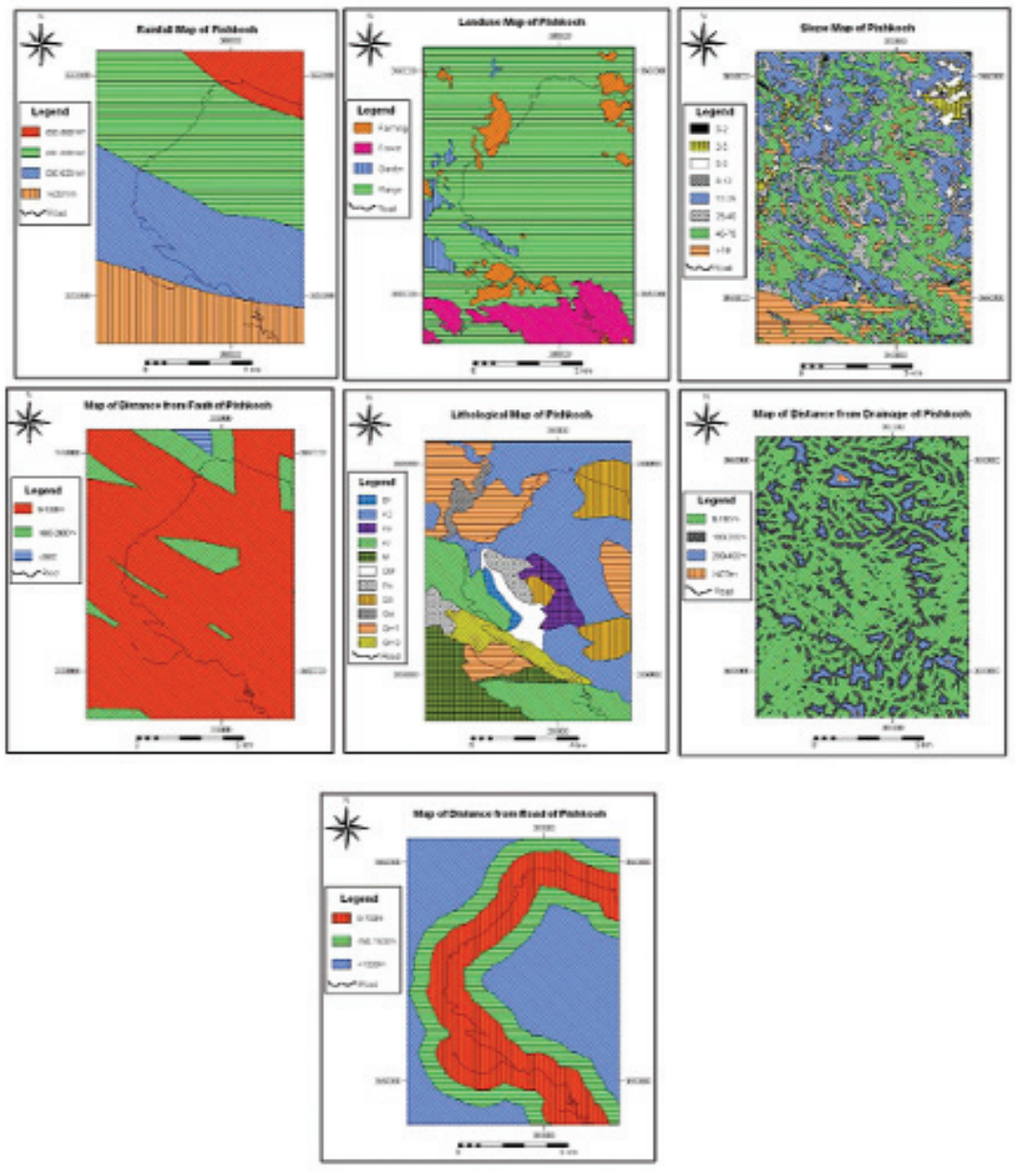
تصویر ۴- نمودار مقادیر وزنی لایه‌های اطلاعاتی

جدول ۷- رده های کاربری اراضی

رده های کاربری اراضی	مساحت هر طبقه (km^2)	مساحت زمین لغزش در هر طبقه (km^2)	تراکم زمین لغزش در هر طبقه	وزن هر طبقه در روش ارزش اطلاعات	وزن هر طبقه در روش تراکم سطح
مناطق کشاورزی	۸/۸۸۹	۰/۲۱۴	۰/۰۲۴	۱/۰۱	۱۵/۳۰
جنگل و بیشه	۱۳/۹۶۵	۰/۱۱۷	۰/۰۰۸	-۰/۰۵	-۰/۴۰
درختکاری و باغ	۳/۷۸۰	۰/۰۵۵	۰/۰۱۵	۰/۵۰	۵/۷۰
مرتع و کوهستان	۱۰۰/۲۶۴	۰/۷۲۹	۰/۰۰۷	-۰/۱۹	-۱/۵۰

اساس کاربری، مناطق کوهستانی و فاقد پوشش گیاهی و مناطق مرتعی و علفزار به عنوان یک واحد جداگانه در نظر گرفته شده است. بخش هایی از منطقه نیز دارای تراکم متوسطی از درخت و درختچه هایی هستند که به علت قطع بی رویه جهت مصارف سوخت، روبه نابودی می روند، این بخش ها در واقع جنگل هایی را تشکیل می دهند که تراکم کمی دارند. دیگر پوشش گیاهی موجود در منطقه باغات، درختان منفرد خود رو تا محدوده های درختکاری شده می باشد. بخش دیگری نیز اراضی کشاورزی است که شامل اراضی کشاورزی آبی می شود و بیشتر در اطراف مناطق مسکونی دیده می شود. بر اساس جدول ۷ مناطق کشاورزی به دلیل اثرات ناشی از آبیاری و زهکشی بیشترین پتانسیل را دارا می باشد.

در تصویر ۴ نمودار مقادیر وزنی هفت پارامتر مؤثر در وقوع زمین لغزش در دو روش تراکم سطح و ارزش اطلاعاتی با هم مقایسه شده است. در تصویر ۵ نقشه هفت پارامتر مؤثر در وقوع زمین آمده است.



تصویر ۵- نقشه ۷ عامل مؤثر در زمین لغزش

۳-۳- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش به روش ارزش اطلاعات

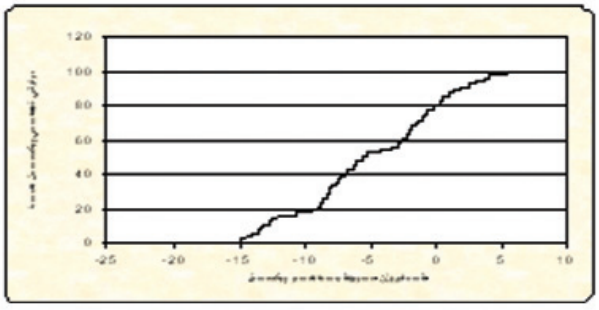
با ترسیم منحنی درصد فراوانی تجمعی، مربوط به نقشه تجمع وزن‌ها و با استفاده از نقاط شکست این منحنی (تصویر ۶) آستانه‌های مربوط به پهنه‌های خطر مشخص و نقشه طبقه‌بندی شده‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش تعیین گردید (تصویر ۷).

۳-۴-نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش به روش تراکم سطح

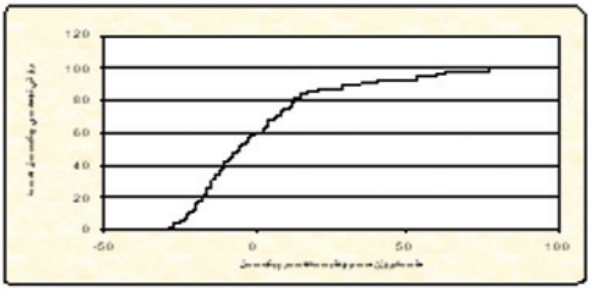
در این روش همانند روش ارزش اطلاعاتی با توجه به نقاط شکست نمودار درصد مساحت تجمعی وزن‌ها (تصویر ۸)، آستانه‌های پهنه‌های خطر پائین، خطر متوسط، خطر بالا و خطر بسیار بالا به دست آمد و در نهایت نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش تهیه گردید (تصویر ۹).

۳-۵-شاخص تراکم نسبی زمین لغزش (DR) و شاخص زمین لغزش (IV)

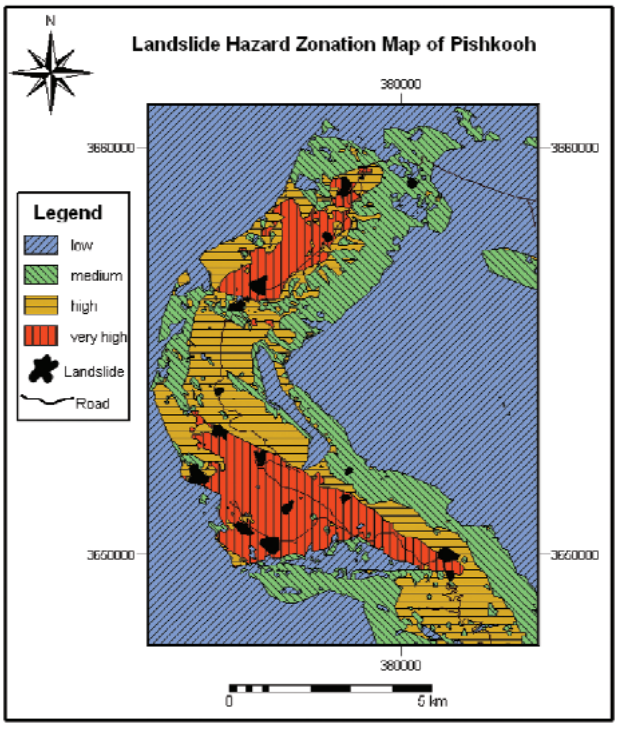
با توجه به نمودارهای حاصله (تصویر ۱۰) مشاهده می‌گردد که شاخص تراکم نسبی زمین‌لغزش و شاخص زمین‌لغزش در روش ارزش اطلاعاتی با افزایش میزان خطر افزایش می‌یابد و دارای یک روند منطقی می‌باشد. مقادیر به دست آمده برای این دو پارامتر نشان می‌دهد که در روش ارزش اطلاعات پهنه‌های با خطر بالا و بسیار بالا به خوبی از هم تفکیک می‌گردند، در حالی که پهنه‌های با خطر متوسط و کم به خوبی از یکدیگر قابل تفکیک نمی‌باشند. در روش



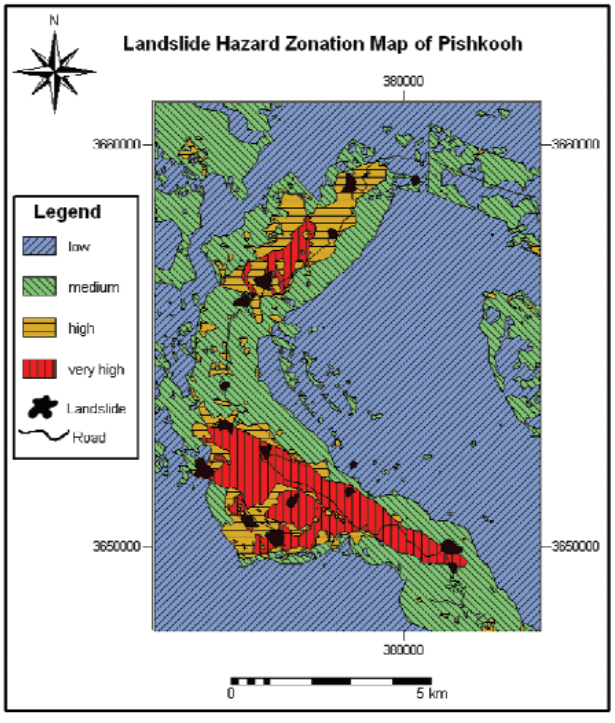
تصویر۶- نمودار درصد مساحت تجمعی وزن ها در روش ارزش اطلاعات



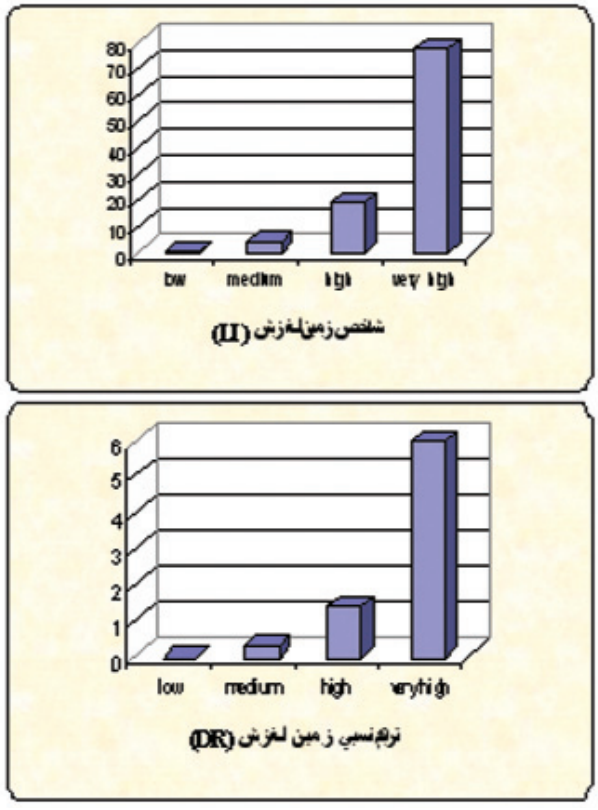
تصویر۸- نمودار درصد مساحت تجمعی وزن ها در روش تراکم سطح



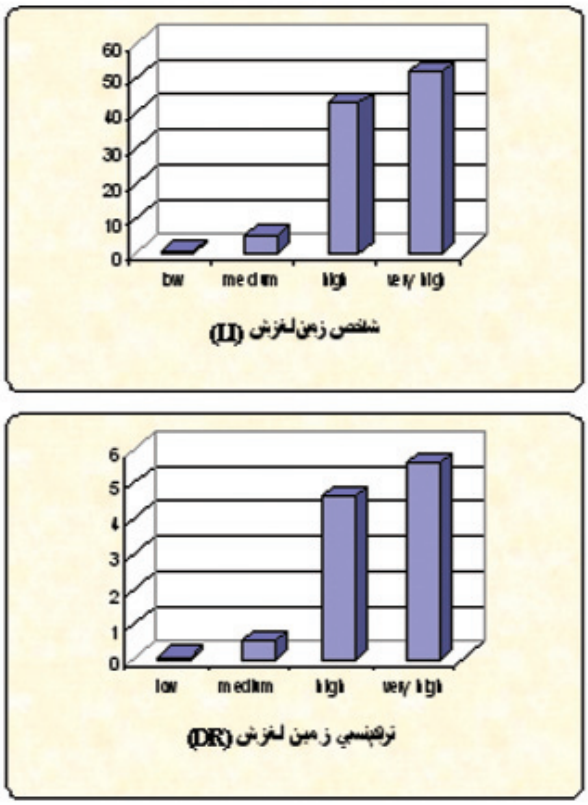
تصویر۷- نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش ارزش اطلاعاتی با استفاده از نقاط شکست منحنی تصویر ۴



تصویر ۹- نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش تراکم سطح با استفاده از نقاط شکست منحنی شکل ۷



تصویر ۱۰- نمودار مقادیر تراکم نسبی وشاخص زمین لغزش چهار پهنه خطر در روش ارزش اطلاعاتی



شکل ۱۱- نمودار مقادیر تراکم نسبی وشاخص زمین لغزش چهار پهنه خطر در روش تراکم سطح

تراکم سطح با توجه به نمودارهای تصویر ۱۱ مشاهده می‌گردد که روند موجود در رابطه با دو پارامتر شاخص زمین‌لغزش و شاخص تراکم نسبی زمین‌لغزش، مشابه روند موجود در روش ارزش اطلاعاتی می‌باشد. در این روش پهنه‌های با خطر بالا و بسیار بالا به خوبی از هم قابل تفکیک نیستند.

۴-نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های به عمل آمده بر روی عکس‌های هوایی، داده‌های ماهواره‌ای و بازدیدهای صحرایی تعداد ۱۸ عدد محدوده لغزشی مشخص گردید.

در حدود ۷۷ درصد لغزش‌های موجود در منطقه در نهشته‌های مارن و کنگلومرا قرار دارد.

بیشترین مساحت زمین‌لغزش‌ها مربوط به رده شیب ۱۲ تا ۲۵ درصد می‌باشد.

بارندگی‌ها نقش مهمی در شروع لغزش‌های منطقه دارد. بر این اساس در حدود ۵۰ درصد محدوده‌های لغزشی دارای میانگین بارندگی سالیانه ۵۹۰ تا ۶۲۰ میلی‌متر می‌باشد.

با توجه به فعالیت شدید تکتونیکی منطقه و وجود گسل‌های فراوان در منطقه با بررسی انجام شده مشخص گردید که عمده پهنه‌های لغزشی در فاصله ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متری از گسل‌ها واقع شده‌اند. حرکت و جابجایی گسل‌ها یکی از عوامل محرک است و در زمانی که توده‌های لغزشی دارای حداقل ضریب اطمینان هستند بیشترین تأثیر را در حرکت توده دارد.

احداث جاده‌ها یکی از عوامل ناپایداری دامنه‌ها می‌باشد. نظر به اینکه اکثر لغزش‌های ثبت شده در حاشیه جاده موجود در منطقه مورد مطالعه قرار دارد در حدود ۶۰ درصد از مساحت جاده در رده (۷۵۰-۰) متر در پهنه‌های خطر بالا و بسیار بالا قرار می‌گیرد و نشان‌دهنده پتانسیل لغزشی بالای این جاده می‌باشد. همان طور که در بالا ذکر گردید، این مناطق غالباً دارای لیتولوژی مارن و کنگلومرا و رادیولاریت می‌باشد.

بر اساس نمودار حاصل از نقشه تجمع وزنی لایه‌ها، پراکنش زمین‌لغزش‌ها در رده‌های خطر، منطقی و معقول می‌باشد. همچنین بر اساس مقادیر وزنی لایه‌های مختلف در نظر گرفته شده در این پهنه‌بندی به ترتیب عوامل لیتولوژی، فاصله از جاده، پوشش گیاهی،

شیب و بارندگی دارای بیشترین اهمیت می‌باشند.

در روش‌های پهنه‌بندی ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح مقادیر شاخص زمین‌لغزش (IV) و تراکم نسبی زمین‌لغزش (DR) با افزایش میزان خطر افزایش می‌یابد و دارای یک روند منطقی و صحیح است.

با توجه به مقادیر به دست آمده از این دو پارامتر و مقایسه دو روش پهنه‌بندی مشخص گردید که روش ارزش اطلاعاتی پهنه‌های با خطر بالا و بسیار بالا را بهتر از روش تراکم سطح از هم متمایز می‌کند. همچنین در هر دو روش پهنه‌های با خطر کم و متوسط به خوبی از هم متمایز نمی‌شود.

بر اساس یافته‌های به دست آمده در این نوشتار، روش ارزش اطلاعاتی نسبت به روش تراکم سطح برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه مورد مطالعه مناسب‌تر بوده و ارجحیت دارد. پردازش‌ها و ترکیب‌های رنگی مناسب از تصویر ماهواره‌ای Landsat ETM+ جهت تهیه نقشه‌های پارامتر می‌تواند در هزینه‌ها و زمان صرفه‌جویی نماید.

با توجه به تکنیک‌های جدید آماری و ریاضی نظیر منطق فازی و شبکه عصبی از این روش‌ها جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی استفاده گردد. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ASTER که دارای تفکیک طیفی مناسبی در محدوده‌ی اینفرارد نزدیک و میانی و حرارتی می‌باشد، می‌توان لایه‌های اطلاعاتی دقیق‌تر استخراج نمود.

نقش شتاب ثقل افقی زلزله بجای عامل فاصله از گسل یا کاربرد همزمان آن‌ها با هم می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

مراجع

Ashghali Farahani, A., 1380. Assessment of natural slope instability hazard in Roudbar area by fuzzy theory, MSc dissertation of engineering geology, *university of Tehran Tarbiat Moalem, 142p.*

Cornforth, D. H., 2005. Landslides in Practice, *john wiley & sons Inc, 591 p.*

3-Ilwis Applications Guide, Ilwis 2.1 for Windows, International Institute for Aerospace Survey and Earth Science (ITC), Ensched, Netherlands, 1997.

Lee, S., Kyungduck M.,2001. Statistical Analysis of Landslide Susceptibility at Yonging, Korea, *Environmental Geology, 40: 1095-1113.*

Memariyan, H., 1374. Engineering geology and Geotechnic, *Tehran university publications, 953p.*

National Cartographic Center (NCC), 1374. Arial Photo 1:40000, Pishkouh area, *Fereiydonshahr.*

National Cartographic Center (NCC), 1378. Topographic digital map 1:25000, *Block57 (Golpayegan), Ivaj Sheet, No. 5956IIISE.*

National Cartographic Center (NCC), 1378. Topographic digital map 1:25000, *Block57 (Golpayegan), Farsesh Sheet, No. 5956IISW.*

National Cartographic Center (NCC), 1378. Topographic digital map 1:25000, *Block67 (Shahrekord), Chalcheraneh Sheet, No. 5955IVNE.*

National Cartographic Center (NCC), 1378. Topographic digital map 1:25000, *Block67 (Shahrekord), Bahramabad Sheet, No. 5955INW.*

Sayarpour, M., 1378. Landslide hazard zonation in south of Khalkhal, Ardebil Province, MSc. *Dissertation, university of Tehran, 93p.*

Shirani, K., Seif, A., 2012. Landslide Hazard Zonation by Using Statistical Methods(Pishkuh Region in fereydonshahr Province), *Scientific Quarterly Journal, GEOSCIENCES, Vol.22, No. 85, 149-158pp.*

Shirani, K., 1383. Assessment of the most important landslide hazard zonation for selecting suitable method in south of Isfahan province, Semirom area, Jihad e Keshavarzi Ministry, *Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 104p.*

Shirani, K., Chavoshi, S., Ghayumian, J., 1385. Investigation and assessment landslide hazard zonation in Padena olya, Semirom, *Journal of Basic Sciences, University of Isfahan, 23-35pp.*

Shirani, K., Ghayumian, J., Mokhtari, A., 1383. Investigation and assessment Bivariate and Multivariate statistic methods for landslide hazard zonation, Water and Watershed journal, *Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 36-48 pp.*

Shriatjafari, M., 1375. Landslide (Concepts, stability principles of natural slopes), *Sazeh publications, 218p.*

Van Westen, C.J. 1998. Geographic Information Systems in Slope Instability Zonation (GISSIZ), *Volume I, II.*

Varnes, D. J., 1978. Landslide Type and Processes. In: Landslide and Engineering Practice. E. B. Eckel(Ed). Special Report NO. 29., *Highway Research Board, pp 20-47.*

Varnes, D. J., 1984. Landslide Hazard Zonation a Review of Principle and practice, *United Nation Educational Scientific and Cultural (UNSSCO) France.*

Yin, K. J. , Yan, T. Z., 1988. Statistical prediction model for slope instability of metamorphosed rocks, Proceedings 5th International Symposium on Landslides, *Lausanne, Switzerland, Vol. 2, 1269-1272.*