



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

کوروش شیرانی^۱، احمد نصر^۲، جعفر رهنمازاد^۳، عبدالرسول شفیعی دستجردی^{۱*}

استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان

کارشناس ارشد زمین شناسی مهندسی، شرکت مهندسی مشاور زاینده آب

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

هکیده

شناسایی و تأثیر حرکات توده ای به عنوان یکی از جلوه های فرسایش در تهدید مناطق مسکونی، مزارع، مخازن سدها، جاده ها و غیره از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. منطقه پیشکوه با وسعت ۱۲۷ کیلومتر مربع در غربی ترین بخش استان اصفهان و در ۸۰ کیلومتری غرب شهرستان فریدونشهر قرار دارد. جهت انجام مطالعات ابتدا با استفاده از عکس هوایی، داده های ماهواره ای TM Landsat و پیمایش صحرایی، پراکنش زمین لغزش ها در گستره ی مورد مطالعه مشخص گردید. در مرحله بعد عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش 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 نرم افزارهای ILWIS و ArcGIS و بر اساس پارامترهای مؤثر در لغزش، نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش تهیه گردید. برای انجام پهنه بندی از روش های دومتغیره آنالیز ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح جهت پهنه بندی منطقه استفاده گردید. در نهایت مشخص گردید که پارامترهای لیتولوژی، پوشش گیاهی و بارندگی از مهم ترین عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش می باشند. مقایسه دو روش پهنه بندی آماری دومتغیره با استفاده از دو شاخص ارزش اطلاعات (Information Value) و تراکم سطح (Density Area) نشان دادند که روش آنالیز ارزش اطلاعاتی، پهنه های با خطر بالا و بسیار بالا را بهتر از روش تراکم سطح از هم متمایز می کند. همچنین در هر دو روش پهنه های با خطر کم و متوسط به خوبی از هم متمایز نمی شود. بنابراین روش پهنه بندی ارزش اطلاعاتی نسبت به روش تراکم سطح برای منطقه مورد مطالعه مناسب تر بوده و ارجحیت دارد.

واژه های کلیدی: پیشکوه، پهنه بندی، زمین لغزش، ارزش اطلاعات (IV)، تراکم سطح (DA).

۱- مقدمه

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 پیش بینی شده (P) روش های آماری را مورد ارزیابی قرار دادند و نتیجه گرفتند که روش های آماری دو متغیره نسبت به روش های آماری چند متغیره در عین سادگی دارای دقت قابل قبولی بوده و از این نظر انطباق بیشتری با پتانسیل لغزه خیزی منطقه خواهند داشت.

به طور کلی روش های مختلف پهنه بندی خطر زمین لغزش (Landslide Hazard Zonation) به دو صورت تجربی و آماری تقسیم می شود (Varnes 1984) که بنا بر شرایط هر منطقه یکی از این روش ها بیشترین انطباق را با شرایط طبیعی منطقه دارا می باشد. هدف از این نوشتار، ارزیابی و مقایسه روش های پهنه بندی آماری دو متغیره جهت تعیین روشی است که بیشترین انطباق را با شرایط طبیعی منطقه داشته باشد.

منطقه مورد مطالعه بین طول های جغرافیایی $29^{\circ}38'58''$ تا $29^{\circ}45'02''$ و عرض های جغرافیایی $33^{\circ}04'55''$ تا $33^{\circ}05'40''$ واقع گردیده است. وسعت محدوده ۱۲۷ کیلومتر مربع بوده و در ۸۰ کیلومتری غرب شهرستان فریدونشهر در منطقه پیشکوه و در غربی ترین بخش استان اصفهان قرار دارد (تصویر ۱). این منطقه جزء حوضه آبریز وهرگان بوده، که از حوضه های اصلی دز علیا می باشد و به رودخانه کارون می پیوندد. روستاهای واقع در این محدوده عبارت اند از خشک آخور، مکدین علیا، مکدین سفلی، دره بادام علیا، دره بادام سفلی، خسروآباد، کولاب، چال چرانه، خوش میوه و ترزه.

۲- مواد و روش ها

در این مطالعه ابتدا با استفاده از عکس های هوایی ۱:۴۰۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور و تصویر ماهواره ای لندست تی ام (Landsat TM) و همچنین پیمایش صحرایی، پراکنش زمین لغزش ها در منطقه مورد مطالعه در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ به نقشه درآمد. در مرحله بعد با استفاده از داده های موجود، نقشه های پایه و تصاویر ماهواره ای لایه های اطلاعاتی عوامل مؤثر در زمین لغزش تهیه گردید.

پس از تعیین درصد مساحت زمین لغزش در طبقات مختلف عوامل، کمی کردن عوامل مؤثر و وزن دهی به طبقات با توجه به عوامل مدل های ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح صورت پذیرفت و نقشه های

کشور ایران از جمله سرزمین هایی است که شرایط توپوگرافی، زمین شناسی، ژئومورفولوژی، تکتونیکی و اقلیمی، آن را از لحاظ حرکات دامنه ای مستعد ساخته است. زمین لغزه ها، خاک روانه ها و سایر انواع حرکات توده ای در اکثر مواقع بهترین خاک کشاورزی را به سوی جاده ها، دامنه ارتفاعات، اعماق رودخانه ها، مناطق مسکونی و مخازن سدها می کشاند (معماریان ۱۳۷۴) و موجب انسداد راه ها، از بین رفتن اراضی زراعی، تخریب اماکن و باغات و نهایتاً هدر رفتن مقادیر عظیمی از خاک می گردد (Varnes 1978). به طور کلی پهنه بندی عبارت است از تقسیم بندی سطح زمین به مناطق مجزا و رتبه بندی کردن این مناطق بر اساس درجه واقعی یا پتانسیل خطر ناشی از بروز زمین لغزش یا دیگر حرکات توده ای روی شیب ها (شریعت جعفری ۱۳۷۵). به جرئت می توان گفت، از جمله حساس ترین و مهم ترین مسائل در پروژه های عمرانی، همچون انتخاب مسیر احداث بزرگراه ها و راه های اصلی و فرعی کوهستانی، انتخاب محل احداث سدهای خاکی، بتونی و همچنین آب بندها و کانال های انتقال آب، احداث تونل های عبور و مرور، طرح هایی همچون توسعه جنگل ها و مراتع طبیعی و هرگونه توسعه معدنی در گرو مطالعه پایداری شیب های طبیعی منطقه است.

با استفاده از روش آماری ارزش اطلاعاتی (Information Value)، وزن پارامترها و تراکم سطح، منطقه کارون میانی در استان چهارمحال بختیاری را پهنه بندی نمود. نهایتاً روش ارزش اطلاعاتی به عنوان مناسب ترین روش و روش وزن پارامترها و تراکم سطح در مراحل بعدی قرار گرفتند.

سیارپور (۱۳۷۸) منطقه جنوب خلخال را پهنه بندی 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 روش های متداول، پهنه بندی نمود، نهایتاً مشخص گردید که بعد از روش های چند متغیره، روش دو متغیره آنالیز ارزش اطلاعاتی مناسب ترین مدل می باشد. در یک جمع بندی کلی می توان نتیجه گرفت، در صورتی که عوامل مؤثر در زمین لغزش در هر منطقه با دقت تعیین گردند، روش های آماری انطباق مناسبی با شرایط مناطق مختلف دارد.

در این روش با توجه به رابطه ی پارامترهای مؤثر در وقوع زمین لغزش با پراکندگی زمین لغزش ها اقدام به پهنه بندی خطر زمین لغزش می گردد (Ilwis Applications 1997). بر این اساس وزن و سهم هر یک از پارامترها در وقوع زمین لغزش بر اساس رابطه ۱ به دست می آید.

$$w_i = \ln \left(\frac{Densclass}{Densmap} \right) = \ln \left(\frac{\frac{Npix(S_i)}{Npix(N)}}{\frac{\sum Npix(S_i)}{\sum Npix(N)}} \right) \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن w_i وزن مربوط به طبقه مشخص از یک پارامتر، Densclass تراکم زمین لغزش در طبقه مشخص از یک پارامتر، Densmap تراکم زمین لغزش در کل محدوده، $Npix(S_i)$ تعداد سلول ها یا مساحت زمین لغزش های اتفاق افتاده در هر طبقه از پارامتر، $Npix(N_i)$ تعداد سلول ها یا مساحت کل هر طبقه از پارامتر می باشند.

پس از تهیه نقشه های وزنی مربوط به پارامترهای مؤثر در وقوع زمین لغزش، همه آنها با هم جمع شده و یک نقشه وزنی تجمعی حاصل می گردد. در مورد مقدار عددی وزن ها، هر چه عدد منفی تر باشد نشان دهنده ی تأثیر کمتر پارامتر مربوطه در وقوع زمین لغزش می باشد و عدد مثبت تر نشان دهنده تأثیر بیشتر می باشد.

۳-۲- روش آماری دومتغیره تراکم سطح

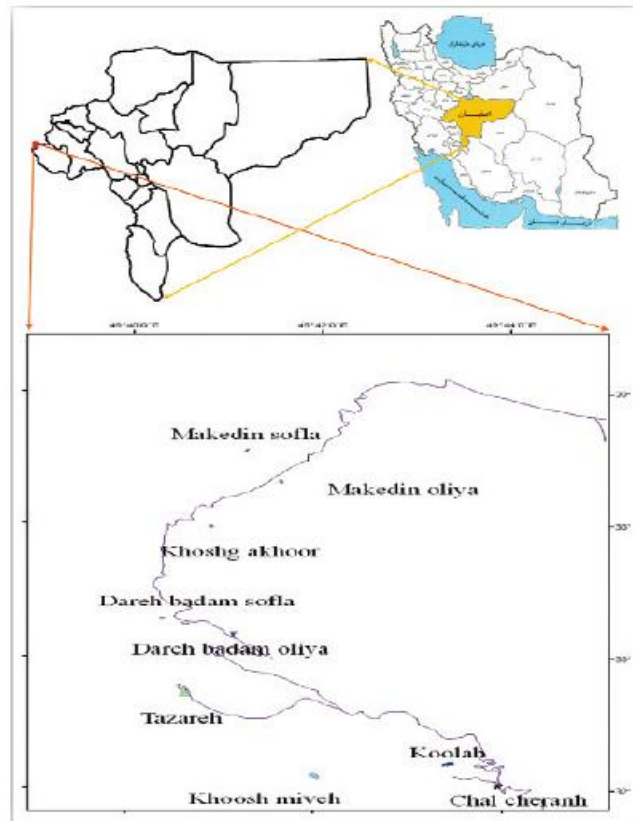
در این روش همانند روش ارزش اطلاعاتی از طریق روابط ۲ و ۳، برای هر نقشه ی عامل یا پارامتر، تراکم زمین لغزش محاسبه می گردد و سپس همانند مراحل ذکر شده در روش ارزش اطلاعاتی اقدام به تهیه نقشه پهنه بندی زمین لغزش می گردد (Lee 2001).

$$D_{area} = 1000 \frac{Npix(SX_i)}{Npix(X_i)} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$W_{area} = 1000 \frac{Npix(SX_i)}{Npix(X_i)} - 1000 \frac{\sum Npix(SX_i)}{\sum Npix(X_i)} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن D_{area} تراکم زمین لغزش در هر رده از پارامتر، $Npix(SX_i)$ تعداد پیکسل های زمین لغزش در هر رده از هر پارامتر مشخص، $Npix(X_i)$ تعداد کل پیکسل ها در هر رده از پارامتر مشخص، W_{area} وزن متغیر هر رده از هر پارامتر.

عوامل بر اساس مقادیر وزنی تهیه گردید. جهت تهیه نقشه پهنه بندی، نقشه وزنی عوامل مؤثر با هم جمع جبری شده و بر اساس نقاط عطف نمودار تجمعی فراوانی وزن ها، نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش 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

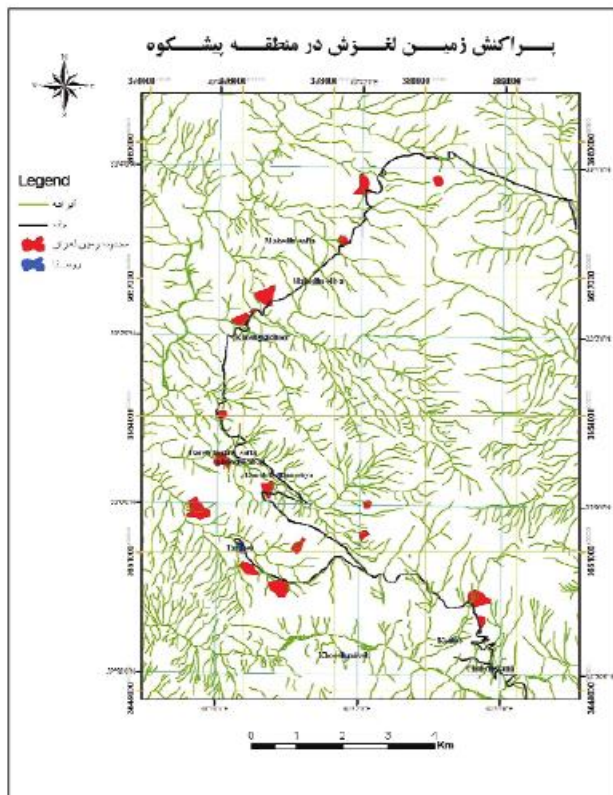
۴-۱- پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش آماری دومتغیره

در روش های آماری، رابطه پارامتر مؤثر در وقوع زمین لغزش با پراکندگی زمین لغزش ها مورد سنجش و ارزیابی قرار می گیرد (اشققی فراهانی ۱۳۸۰). بر اساس این ارزیابی وزن و سهم مشارکت هر یک از طبقات و واحدهای پارامتر مؤثر در وقوع زمین لغزش محاسبه می شود (Saro Lee 2001). از جمله روش های مشهور در روش آماری دومتغیره، روش ارزش اطلاعات و روش تراکم سطح می باشد. در ادامه به طور مختصر اصول این دو روش شرح داده می شود.

۴-۲- روش آماری دومتغیره ارزش اطلاعات

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

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

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):

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

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 استرنوسکوپی 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 صحرائی 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

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

۳-۲-۴- فاصله از جاده

نقشه جاده با استفاده از نقشه های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری 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 زمین لغزش کاهش می یابد.

جدول ۱- رده های مختلف شیب در منطقه مورد مطالعه

طبقه بندی 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	۰/۶۷۷	۰/۶۶۹
۲-۵	۲/۸۰۴	۰	۰/۰۰۰	۰/۶۷۷	۰/۶۶۹
۵-۸	۳/۵۲۲	۰/۰۰۹	۰/۰۰۳	۰/۷۲۱	۰/۶۱۰
۸-۱۲	۴/۸۸۷	۰/۰۲۲	۰/۰۰۴	۰/۶۶۸	۰/۴۳۰
۱۲-۲۵	۲۹/۳۸۲	۰/۴۹۶	۰/۰۱۷	۰/۶۶۶	۰/۷۲۰
۲۵-۴۰	۲۳/۹۸۵	۰/۲۰۶	۰/۰۰۹	۰/۶۰۱	۰/۶۱۰
۴۰-۷۰	۴۸/۷۵۴	۰/۳۴۴	۰/۰۰۷	۰/۶۲۰	۰/۶۶۰
>۷۰	۱۴/۵۰۱	۰/۰۳۹	۰/۰۰۳	۰/۶۱۷	۰/۶۱۰

جدول ۲- واحدهای لیتولوژی در منطقه مورد مطالعه

طبقه بندی لیتولوژی	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
Ef	۱/۱۳۹	۰	۰/۰۰۰	۰/۶۷۸	۰/۶۷۹
K3	۴/۰۰۱	۰/۱۲۶	۰/۰۰۳	۰/۶۰۴	۰/۵۷۰
Klr	۴/۳۷۰	۰	۰/۰۰۰	۰/۶۷۸	۰/۶۷۹
Kr	۱۸/۳۷۵	۰/۰۴۷	۰/۰۰۳	۰/۶۲۶	۰/۶۳۰
M	۱۲/۶۶۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۶۴۸	۰/۶۷۰
OM	۳/۸۱۸	۰/۰۲۱	۰/۰۰۵	۰/۶۲۹	۰/۳۶۰
Plc	۴/۸۶۳	۰/۰۵۹	۰/۰۱۲	۰/۶۳۱	۳/۲۰
Q1	۱۱/۴۳۸	۰	۰/۰۰۰	۰/۶۷۸	۰/۶۷۹
Qal	۲/۵۹۹	۰	۰/۰۰۰	۰/۶۷۸	۰/۶۷۹
Qm1	۲/۶۴۸	۰/۵۵۷	۰/۰۲۶	۰/۶۰۷	۱۶/۸۰
Qm2	۵/۹۷۵	۰/۳۰۴	۰/۰۵۱	۰/۷۶۶	۲۲/۱۰

جدول ۳- طبقات بارندگی سالیانه

طبقه بندی 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	۱۰/۷۱۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۱	۰/۶۸۳	۰/۷۳۰
۵۶۰-۵۹۰	۵۲/۱۰۹	۰/۳۱۷	۰/۰۰۶	۰/۶۳۶	۰/۲۶۰
۵۹۰-۶۲۰	۴/۲۷۱	۰/۵۶۵	۰/۰۱۴	۰/۶۴۸	۵/۳۰
>۶۲۰	۲۵/۱۷۶	۰/۲۱۸	۰/۰۰۹	۰	۰

پتانسیل لغزش وجود دارد که به علت عدم تشکیل خاک و وجود پهنه های صخره ای و پیوسته می باشد.

۳-۲-۳- لیتولوژی

نقشه لیتولوژی منطقه مورد مطالعه پس از انجام بررسی های دقیق نقشه های زمین شناسی، داده های ماهواره ای، عکس های 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 زمین لغزش ها دارا می باشد. این واحد لیتولوژی به دلیل دارا بودن ویژگی هایی از قبیل، هوازگی شدید، نفوذپذیری کم و باقی ماندن حجم زیادی آب در داخل آن، همچنین عدم وجود پوشش گیاهی چشمگیر، حتی در شیب های کم نیز امکان لغزش و حرکت دارد. در مرتبه بعدی تشکیلات مارن و کنگلومرای عهد حاضر (Qm1) قرار دارند. رسوبات کنگلومرای پلیوسن (Plc)، شیل و رادیولاریت های الیگومیوسن (OM) و رادیولاریت های متعلق به کرتاسه (Kr) به ترتیب تأثیر کمتری در وقوع زمین لغزش دارند.

۳-۲-۳- بارندگی سالیانه

بارندگی یکی از عوامل بسیار مهم در ایجاد و تسریع زمین لغزش ها می باشد. نقش آب در گسیختگی شیب ها و وقوع لغزش و همچنین به صورت عامل کاهش دهنده مقاومت برشی سطوح می باشد (Cornforth 2005). نقشه بارندگی سالیانه بر اساس آمار ۳۰ ساله ایستگاه های واقع در محدوده مورد مطالعه تهیه گردید. ترسیم منحنی های هم باران با استفاده از روش آماری میان یابی و در محیط نرم افزار Surfer صورت گرفت. در جدول ۳ طبقات هم باران سالیانه و مقادیر وزن آنها نشان داده شده است.

شایان ذکر است، در بسیاری از موارد برای پهنه بندی خطر زمین لغزش بجای استفاده از عامل بارندگی سالیانه از عامل شدت بارندگی استفاده می گردد، ولی در مورد منطقه مورد مطالعه به علت جنس توده لغزشی که مارنی می باشد و دارای نفوذپذیری خیلی کم است، شدت بارندگی نقش چندانی نمی تواند داشته باشد و آنچه مهم است دوام بارندگی است که معمولاً در ماه های بهمن تا اردیبهشت بیشترین میزان بارندگی در منطقه وجود دارد.

۳-۳-۵- فاصله از گسل

برای تهیه نقشه گسل منطقه از داده های ماهواره ای Landsat TM و محیط نرم افزار ER Mapper استفاده گردید. با استفاده از فرآیند بارزسازی، تصاویر گسل ها و شکستگی های اصلی و فرعی منطقه به دقت شناسایی گردید. جهت بارزسازی تصاویر معمولاً از یکسری فیلترهای مکانی استفاده می شود. از جمله فیلترهای مورد استفاده در این پژوهش، فیلترهای گذر بالا و زاویه تابش خورشید می باشد. تصویر ماهواره ای تصویر ۳ از پردازش داده های ماهواره لندست پنچ 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 زمین لغزش کاهش می یابد.

۳-۳-۶- فاصله از آبراهه

نقشه آبراهه نیز همانند نقشه جاده با استفاده از نقشه های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ تهیه گردید. بر اساس جدول ۶ رده ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر بیشترین پتانسیل لغزش را دارا می باشد. به نظر می رسد که با افزایش

فاصله از آبراهه باید میزان پتانسیل زمین لغزش کاهش یابد، ولی در این منطقه به دلیل تأثیر همزمان عوامل دیگری نظیر مقدار شیب و نوع لیتولوژی رابطه مستقیم وجود ندارد.

۳-۳-۷- پوشش گیاهی و کاربری اراضی

از آنجایی که نوع پوشش گیاهی و کاربری اراضی در وقوع پدیده زمین لغزش مؤثر می باشد، لذا با استفاده از نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور و همچنین پیمایش صحرایی اقدام به تهیه نقشه پوشش گیاهی گردید. در محدوده مطالعاتی می توان پوشش های مختلفی را تعیین نمود. بخشی از اراضی فاقد پوشش گیاهی هستند. این اراضی به صورت صخره های سنگی رخنمون دارند و یا پوششی از رسوبات منفصل واریزه ای 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

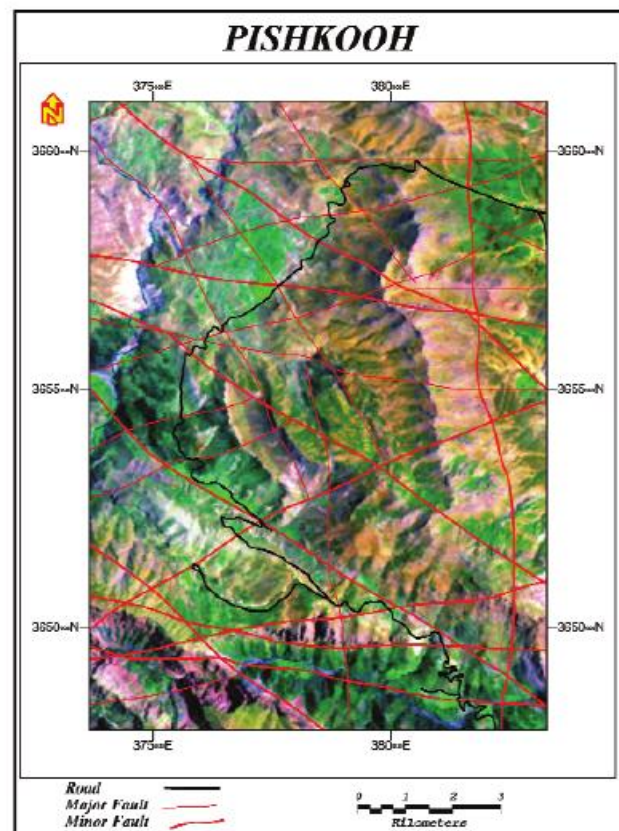
طبقه بندی فاصله از جاده بر حسب متر	مساحت هر طبقه (km ²)	مساحت زمین لغزش در هر طبقه (km ²)	تراکم زمین لغزش در هر طبقه	وزن هر طبقه در روش ارزش اطلاعات	وزن هر طبقه در روش تراکم سطح
۰-۷۵۰	۳۹/۵۹۰	۰/۹۴۹	۰/۲۴۴	۰/۲	۱۵/۳۰
۷۵۰-۱۵۰۰	۳۲/۱۷۰	۰/۱۶۷	۰/۱۰۵	-۰/۵۲	-۲/۵۰
>۱۵۰۰	۵۶/۵۱۰	۰	۰/۱۰۰	-۰/۷۷	-۸/۶۹

جدول ۵- طبقات فاصله از گسل

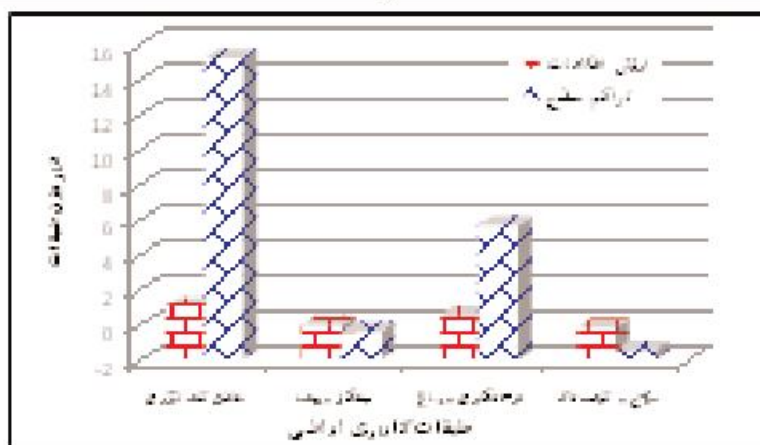
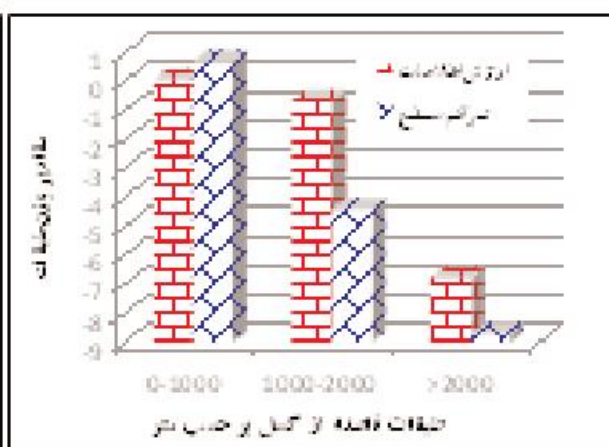
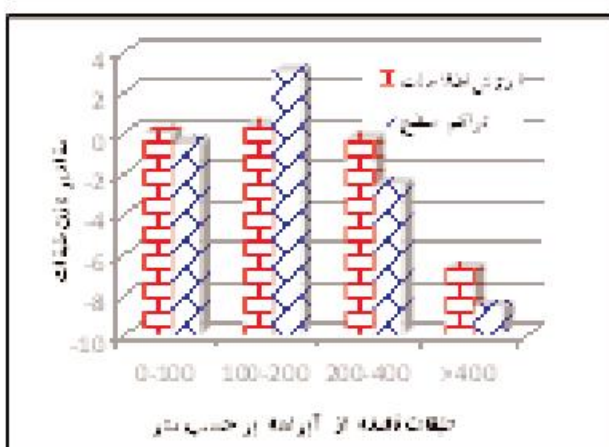
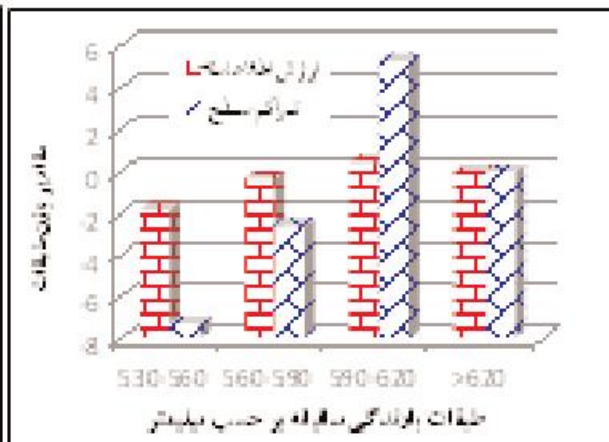
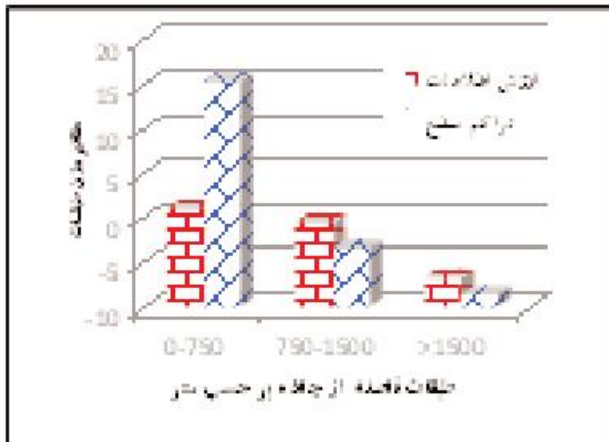
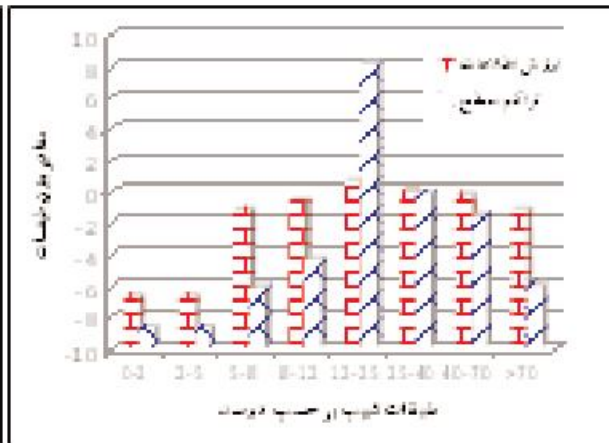
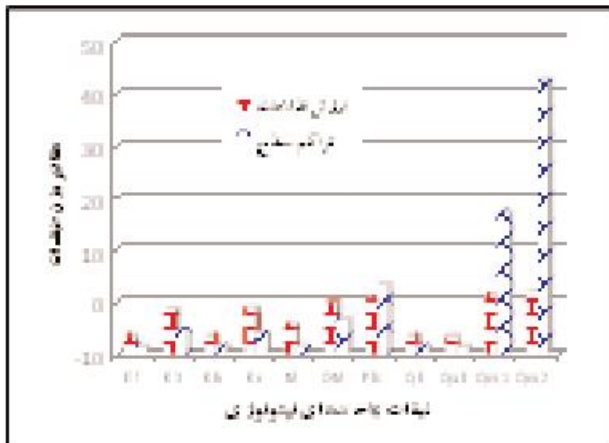
طبقه بندی فاصله از گسل بر حسب متر	مساحت هر طبقه (km ²)	مساحت زمین لغزش در هر طبقه (km ²)	تراکم زمین لغزش در هر طبقه	وزن هر طبقه در روش ارزش اطلاعات	وزن هر طبقه در روش تراکم سطح
۰-۱۰۰۰	۱۱/۹۴۷	۱/۰۴۹	۰/۱۰۹	۰/۸	۰/۷۰
۱۰۰۰-۲۰۰۰	۱۵/۲۲۷	۰/۱۶۶	۰/۱۰۴	-۰/۷۱	-۲/۴۰
>۲۰۰۰	۱/۰۹۸	۰	۰	-۰/۷۷	-۸/۶۹

جدول ۶- طبقات فاصله از آبراهه

طبقه بندی فاصله از آبراهه بر حسب متر	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
۰-۱۰۰	۹/۲۹۴	۰/۷۳۵	۰/۱۰۸	-۰/۷۷	-۰/۶۰
۱۰۰-۲۰۰	۲۷/۸۹۶	۰/۳۲۶	۰/۱۱۲	۰/۳۰	۳/۰۰
۲۰۰-۴۰۰	۸/۸۱۰	۰/۱۵۴	۰/۱۰۶	-۰/۳۶	-۲/۶۰
>۴۰۰	۰/۲۷۱	۰	۰	-۰/۷۷	-۸/۶۹



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



تصویر ۴- نمودار مقادیر وزنی لایه های اطلاعاتی

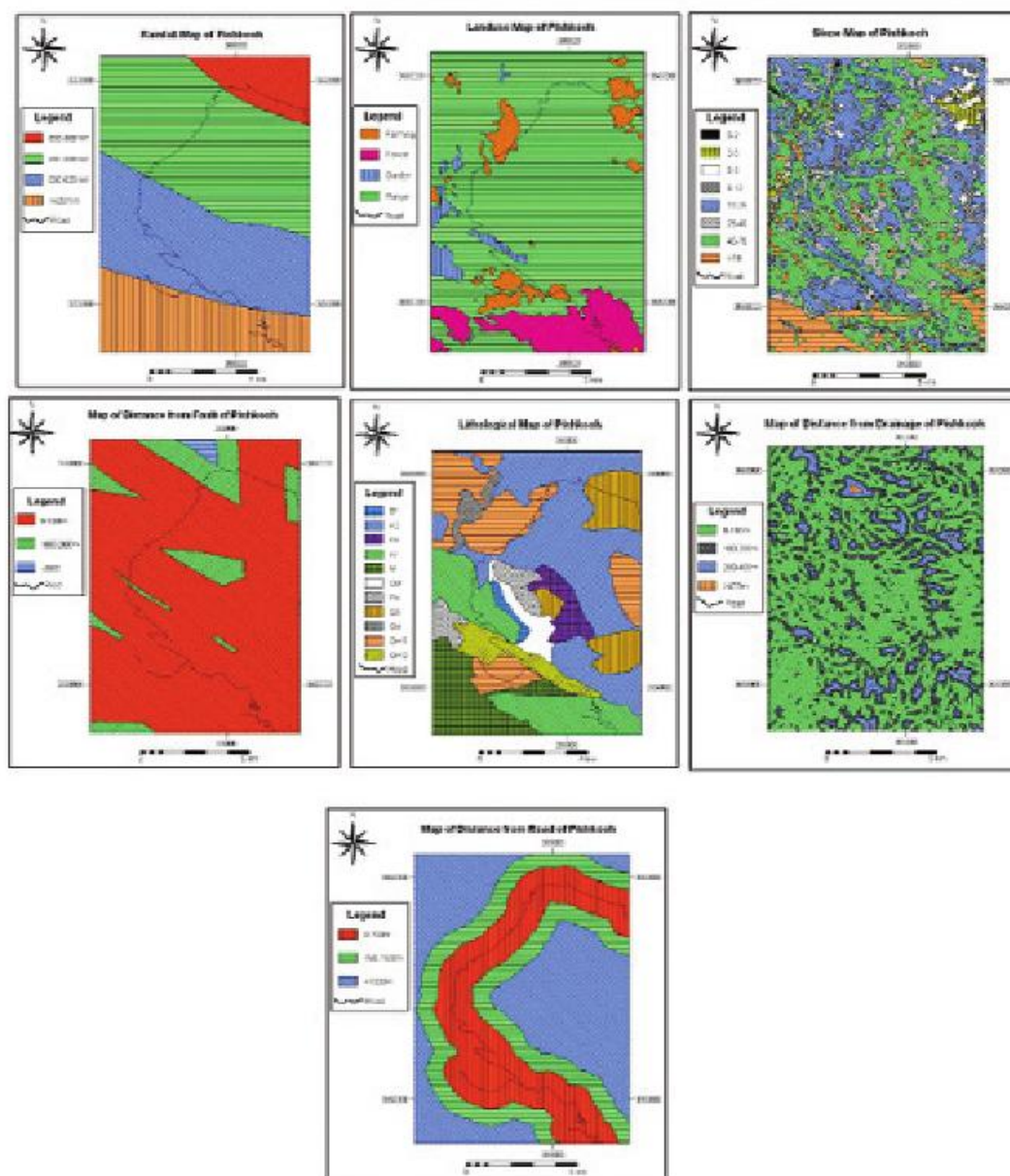
جدول ۷- رده های کاربری اراضی

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	۸۸۸۹	۰/۲۱۴	۰/۰۲۴	۰/۱	۱۵/۳۰
جنگل و بیشه	۱۳۹۶۵	۰/۱۱۷	۰/۰۰۸	-۰/۲۵	-۰/۴۰
درختکاری و باغ	۳۷۸۰	۰/۰۵۵	۰/۰۱۵	۰/۵۰	۵/۷۰
مرغ و کوهستان	۱۰۰۲۶۴	۰/۷۲۹	۰/۰۰۷	-۰/۱۹	-۰/۵۰

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.

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



تصویر ۵- نقشه ۷ عامل مؤثر در زمین لغزش

۳-۳- نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش ارزش اطلاعات

با ترسیم منحنی درصد فراوانی تجمعی، مربوط به نقشه تجمع وزن ها و با استفاده از نقاط شکست این منحنی (تصویر ۶) آستانه های مربوط به پهنه های خطر مشخص و نقشه طبقه بندی شده ی پهنه بندی خطر زمین لغزش تعیین گردید (تصویر ۷).

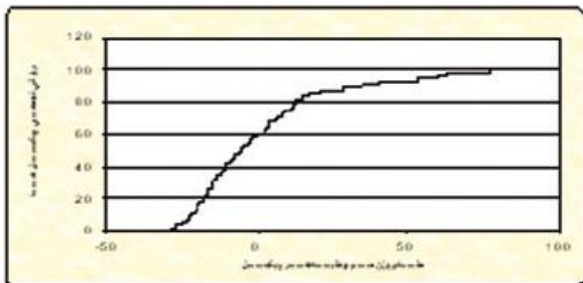
۳-۴- نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش تراکم سطح

در این روش همانند روش ارزش اطلاعاتی با توجه به نقاط شکست نمودار درصد مساحت تجمعی وزن ها (تصویر ۸)، آستانه های پهنه های خطر پائین، خطر متوسط، خطر بالا و خطر بسیار بالا به

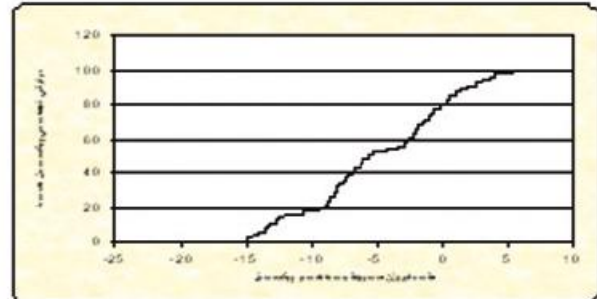
دست آمد و در نهایت نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش تهیه گردید (تصویر ۹).

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

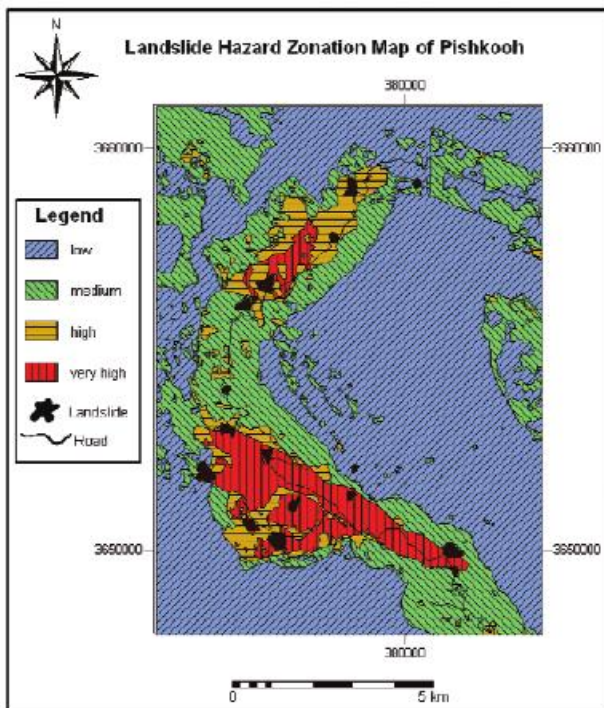
با توجه به نمودارهای حاصله (تصویر ۱۰) مشاهده می گردد که شاخص تراکم نسبی زمین لغزش و شاخص زمین لغزش در روش ارزش اطلاعاتی با افزایش میزان خطر افزایش می یابد و دارای یک روند منطقی می باشد. مقادیر به دست آمده برای این دو پارامتر نشان می دهد که در روش ارزش اطلاعات پهنه های با خطر بالا و بسیار بالا به خوبی از هم تفکیک می گردند، در حالی که پهنه های با خطر متوسط و کم به خوبی از یکدیگر قابل تفکیک نمی باشند. در روش



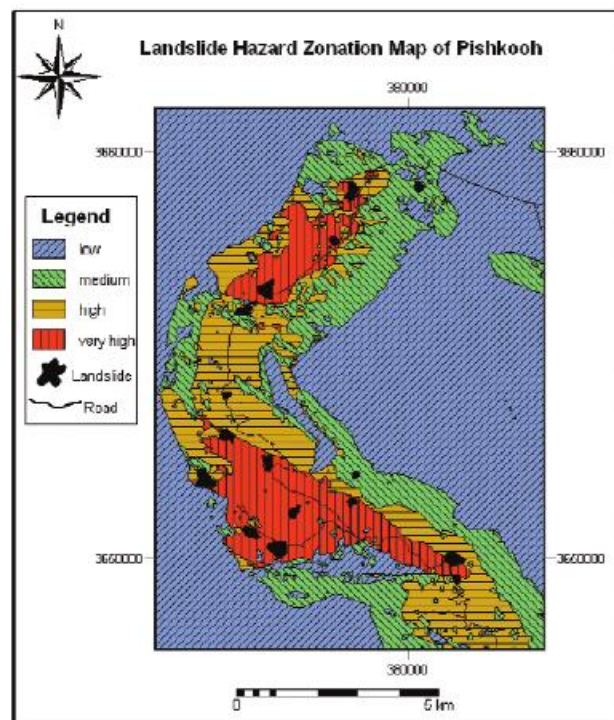
تصویر ۸- نمودار درصد مساحت تجمعی وزن ها در روش تراکم سطح



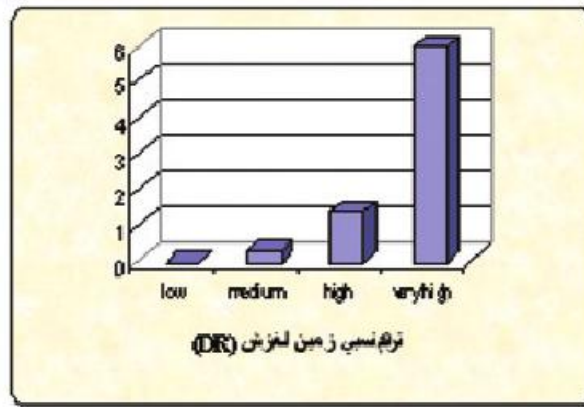
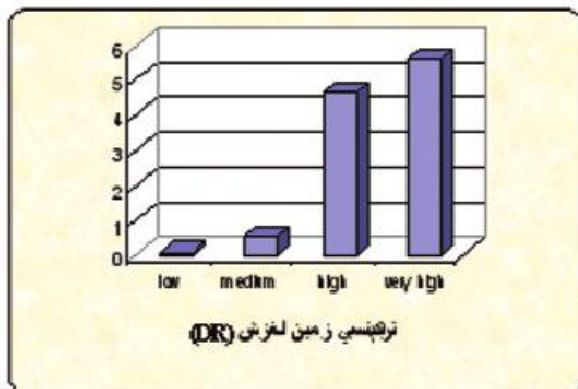
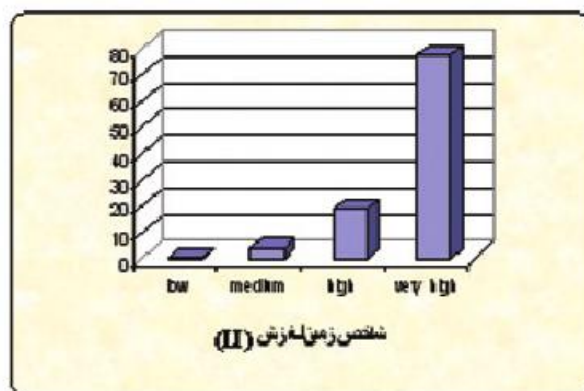
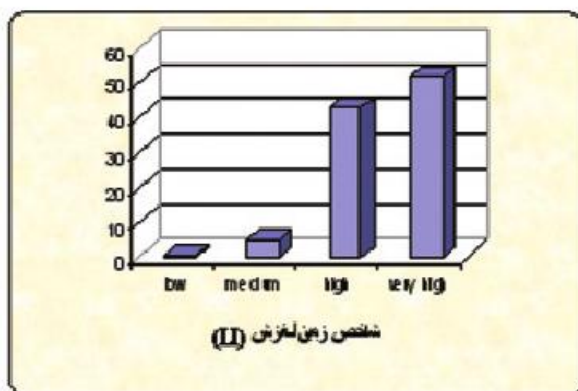
تصویر ۶- نمودار درصد مساحت تجمعی وزن ها در روش ارزش اطلاعات



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



تصویر ۷- نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش ارزش اطلاعاتی با استفاده از نقاط شکست منحنی تصویر ۴



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

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

با توجه به فعالیت شدید تکنونیک منطقه و وجود گسل های فراوان در منطقه با بررسی انجام شده مشخص گردید که عمده پهنه های لغزشی در فاصله ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متری از گسل ها واقع شده اند. حرکت و جابجایی گسل ها یکی از عوامل محرک است و در زمانی که توده های لغزشی دارای حداقل ضریب اطمینان هستند بیشترین تأثیر را در حرکت توده دارد.

احداث جاده ها یکی از عوامل ناپایداری دامنه ها می باشد. نظر به اینکه اکثر لغزش های 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 پهنه های خطر بالا و بسیار بالا قرار می گیرد و نشان دهنده پتانسیل لغزشی بالای این جاده می باشد. همان طور که در بالا ذکر گردید، این مناطق غالباً دارای لیتولوژی مارن و کنگلومرا و رادیولاریت می باشد.

بر اساس نمودار حاصل از نقشه تجمع وزنی لایه ها، پراکنش زمین لغزش ها در رده های خطر، منطقی و معقول می باشد. همچنین بر اساس مقادیر وزنی لایه های مختلف در نظر گرفته شده در این پهنه بندی به ترتیب عوامل لیتولوژی، فاصله از جاده، پوشش گیاهی،

تراکم سطح با توجه به نمودارهای تصویر ۱۱ مشاهده می گردد که روند موجود در رابطه با دو پارامتر شاخص زمین لغزش و شاخص تراکم نسبی زمین لغزش، مشابه روند موجود در روش ارزش اطلاعاتی می باشد. در این روش پهنه های با خطر بالا و بسیار بالا به خوبی از هم قابل تفکیک نیستند.

۴- نتیجه گیری

با توجه به بررسی های به عمل آمده بر روی عکس های هوایی، داده های ماهواره ای و بازدیدهای صحرایی تعداد ۱۸ عدد محدوده لغزشی مشخص گردید.

در حدود ۷۷ درصد لغزش های موجود در منطقه در نهشته های مارن و کنگلومرا قرار دارد.

بیشترین مساحت زمین لغزش ها مربوط به رده شیب ۱۲ تا ۲۵ درصد می باشد.

بارندگی ها نقش مهمی در شروع لغزش های منطقه دارد. بر این اساس در حدود ۵۰ درصد محدوده های لغزشی دارای میانگین بارندگی سالیانه ۵۹۰ تا ۶۲۰ میلی متر می باشد.

Photo 1:40000, Pishkouh area, *Fereydonshahr*.
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, GEO-SCIENCES, 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.*

شیب و بارندگی دارای بیشترین اهمیت می باشند.

در روش های پهنه بندی ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح مقادیر شاخص زمین لغزش (IV) و تراکم نسبی زمین لغزش (DR) با افزایش میزان خطر افزایش می یابد و دارای یک روند منطقی و صحیح است.

با توجه به مقادیر به دست آمده از این دو پارامتر و مقایسه دو روش پهنه بندی مشخص گردید که روش ارزش اطلاعاتی پهنه های با خطر بالا و بسیار بالا را بهتر از روش تراکم سطح از هم متمایز می کند. همچنین در هر دو روش پهنه های با خطر کم و متوسط به خوبی از هم متمایز نمی شود.

بر اساس یافته های به دست آمده در این نوشتار، روش ارزش اطلاعاتی نسبت به روش تراکم سطح برای پهنه بندی خطر زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه مناسب تر بوده و ارجحیت دارد. پردازش ها و ترکیب های رنگی مناسب از تصویر ماهواره ای Landsat ETM+ جهت تهیه نقشه های پارامتر می تواند در هزینه ها و زمان صرفه جویی نماید.

با توجه به تکنیک های جدید آماری و ریاضی نظیر منطق فازی و شبکه عصبی از این روش ها جهت تهیه نقشه پهنه بندی استفاده گردد. با استفاده از تصاویر ماهواره ای ASTER که دارای تفکیک طیفی مناسبی در محدوده ی اینفرارد نزدیک و میانی و حرارتی می باشد، می توان لایه های اطلاعاتی دقیق تر استخراج نمود. نقش شتاب ثقل افقی زلزله بجای عامل فاصله از گسل یا کاربرد همزمان آن ها با هم می تواند 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. Aerial