دکتر بهلول علیجانی، استاد گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم تهران **B. Alijani, Ph.D**

دکتر منیژه قهرودی، استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم تهران **M. Ghohrodi, Ph.D**

دکتر ابوالقاسم امیراحمدی، استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم سبزوار **A. AmirAhmadi, Ph.D**

E.mail: alijani@saba.tmu.ac.ir

شماره مقاله: ۶۹۸

پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در دامنه‌های شمالی شاه‌جهان با استفاده از GIS(مطالعهٔ موردی: حوضهٔ اسطرخی شیروان ۱)

چکیده

پهنه‌بندی زمین‌لغزش یکی از روش‌هایی است که می‌توان به کمک آن مناطق بحرانی را به لحاظ پایداری شیب مشخص کرده و از نقشه‌های پهنه‌بندی به دست آمده در برنامه‌ریزی‌های توسعهٔ پایدار استفاده کرد(کرم، ۱۳۸۱، ۲۵). حوضهٔ اسطرخی شیروان در استان خراسان شمالی در دامنه‌های شمالی ارتفاعات شاه‌جهان واقع شده، یکی از زیر حوضه‌های حوضهٔ بزرگ اترک محسوب می‌شود. یکی از مشکلات عمده این حوضه وقوع زمین‌لغزش‌های متعدد و نسبتاً بزرگ است که خسارات زیادی را به بار آورده است. برای شناسایی حرکت‌های دامنه‌ای، آنچه بیش از همه لازم می‌نماید، شناخت همه جانبهٔ عوامل و فرآیندهایی است که به طور مداوم بر روی دامنه‌ها اثر گذاشته، آنها را به سمت بی‌ثباتی و یا ثبات سوق می‌دهد.

بر همین اساس، در این مطالعه از روش شاخص آماری AHP[2] به منظور پهنه‌بندی زمین‌لغزش بهره گرفته شد. عوامل متعددی در این پهنه‌بندی لحاظ شدند که عبارتند: از بارندگی، درجهٔ حرارت، ماندگاری برف، لیتولوژی، فاصله از گسل، خطواره‌ها، واحدهای مورفولوژی، سایه و آفتاب، شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی، تراکم زهکشی، فاصله از رودخانه، گروه‌های هیدرولوژیک خاک، کاربری اراضی،

---

۱ ـ این تحقیق بخشی از رساله دوره دکتری می‌باشد.

[2] - alytical Hierarchy Process

فاصله از روستا و پوشش گیاهی. در این روش با توجه به وسعت پهنه‌های لغزشی در هر یک از کلاس‌های پارامترهای مختلف مورد مطالعه، ارزش وزنی برای هر یک از سلول‌ها در نظر گرفته شد و نهایتاً مجموع ارزش‌های وزنی برای هر سلول با همپوشانی لایه‌های مختلف مورد مطالعه به دست آمد. سپس نقشه طبقات خطر زمین‌لغزش در چهار گروه خیلی زیاد، زیاد، متوسط و کم تهیه شد. براساس نقشه پهنه‌بندی بدست آمده حدود ۱/۸ درصد از مساحت حوضه در پهنهٔ خطر بسیار زیاد، ۲۰/۹ درصد در پهنهٔ خطر زیاد، ۵۶/۹ درصد در پهنهٔ خطر متوسط و ۲۰/۴ درصد در پهنهٔ خطر پایین قرار می‌گیرد.

کلید واژه ها: حوضهٔ اسطرخی، زمین‌لغزش، AHP، GIS.

مقدمه

کشور ما ایران با توپوگرافی عمدتاً کوهستانی، فعالیت زمین‌ساختی و لرزه‌خیزی زیاد، شرایط متنوع زمین‌شناسی و اقلیمی، عمده شرایط طبیعی را برای ایجاد طیف وسیعی از زمین‌لغزش‌ها داراست(نیک اندیش، ۱۳۷۶، ۱۶). لغزش در ایران به عنوان بلایی طبیعی، سالانه خسارات جانی و مالی فراوانی به کشور وارد می‌سازد. این پدیده هر ساله در اکثر استان‌های کشور موجب خسارت‌های حیاتی به شهرها و روستاها، کارخانه‌ها و مراکز صنعتی، دریاها و دریاچه‌ها، جنگل‌ها و مراتع و بویژه مزارع و مناطق مصنوعی گشته و یا آنها را مورد تهدید قرار می‌دهد(کمک پناه، ۱۳۷۰، ۲۵). حرکت توده‌ای مواد، بویژه زمین‌لغزش‌ها از نظر تخریب و یا تهدید منابع ارضی بویژه در دهه‌های اخیر سبب شده است که این پدیده از جنبه‌های مختلف مورد کنکاش قرار گیرد.

بر اساس برآوردهای اولیه، سالانه حدود ۵۰۰ میلیارد ریال خسارات مالی از طریق زمین‌لغزش‌ها بر کشور وارد می‌شود(ایزانلو، ۱۳۷۶، ۷۰). همچنین براساس آمار اولیه بانک اطلاعاتی زمین‌لغزش‌های کشور(وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۳) خسارات ناشی از ۲۵۴۸ زمین‌لغزش بالغ بر ۱۰۷ کشته و ۳۸۶ میلیارد ریال است. گزارش های موجود در بانک اطلاعاتی زمین‌لغزش‌ها حاکی از آن است که در وقوع زمین‌لغزش‌ها عوامل متعددی دخیل هستند. علاوه بر عوامل ذاتی چون شرایط زمین‌شناسی و زمین‌ساخت، عامل

اقلیم به صورت افزایش فشار آب منفذی و سطح آب زیرزمینی، افزایش بار دامنه، زیرشویی و از بین بردن تکیه‌گاه‌های جانبی به عنوان عامل اصلی و محرک نقش مهمی در وقوع ۲۵۴۸ زمین‌لغزش موجود در بانک اطلاعاتی ایفا کرده است.

در این زمینه، بررسی‌ها نشان می‌دهد که قریب ۸۰ درصد زمین‌لغزش‌ها به دنبال بارندگی‌های اواخر زمستان و اوایل بهار به وقوع می‌پیوندند و نزدیک به ۶۰ درصد در کنار جریان‌های آبی رخ داده‌اند که می‌توانند بار رسوبی رودخانه‌ها را افزایش داده، در نهایت موجب بروز سیلاب‌های گل‌آلود شوند که علاوه بر وارد نمودن خسارات مالی و جانی از عمر مفید سازه‌های آبی مستقر بر روی رودخانه‌ها نیز کاسته شود(زمردیان، ۱۳۷۳). شایان ذکر است که نقش عوامل انسانی در وقوع زمین‌لغزش‌ها نیز درخور توجه است: حدود ۳۵ درصد از زمین‌لغزش‌های موجود در بانک اطلاعاتی در اثر دخالت‌ها و فعالیت‌های بی‌رویهٔ انسان چون راه‌سازی غلط، تخریب پوشش گیاهی و تبدیل آنها به دیم‌زارهای کم بازده، بارگذاری از طریق ایجاد سکونتگاه‌ها و... تحریک و تشدید گردیده‌اند.

پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، سطح زمین را به نواحی ویژه و مجزایی از درجات بالفعل و یا بالقوه خطر از هیچ تا بسیار زیاد تقسیم می‌کند. این فرآیند که بر مبنای شناخت ویژگی‌های طبیعی و مدل‌سازی کمی بر پایهٔ داده‌های ناحیهٔ مورد مطالعه صورت می‌گیرد، می‌تواند مبنایی برای اقدامات بعدی و برنامه‌ریزی‌های آتی توسعه و عمران در مقیاس منطقه‌ای، ناحیه‌ای، و محلی محسوب گردد(رامشت، ۴۵،۱۳۷۵). بدین جهت در این تحقیق سعی شده است براساس عوامل مؤثر در ایجاد زمین‌لغزش، منطقهٔ مورد مطالعه از نظر استعداد رخ داد زمین‌لغزش ناحیه‌بندی شود.

معرفی محدودهٔ مورد مطالعه

حوضهٔ اسطرخی یکی از زیرحوضه‌های رودخانهٔ اترک است که در دامنه‌های شمالی ارتفاعات شاه‌جهان در استان خراسان شمالی قرار دارد. این حوضه با مساحت حدود ۱۰۶۲۰ هکتار در مختصات ۳۷ درجه و ۴ دقیقه و ۲ ثانیه تا ۳۷ درجه و ۱۳ دقیقه و ۵۵ ثانیه عرض شمالی و ۵۷ درجه و ۴۷ دقیقه و ۴۶ ثانیه تا ۵۷ درجه و ۵۷ دقیقه و ۵۷

ثانیه طول شرقی واقع شده است. با توجه به ویژگی‌های طبیعی و انسانی محدودهٔ مورد مطالعه، فرایندهای ناپایداری دامنه‌ها و وقوع حرکات دامنه‌ای بنا به دلایل خاص، در حال حاضر یکی از اصلی‌ترین فرایندهای شکل شناختی در این حوضه است؛ به طوری که زمین‌لغزش در این حوضه نیز مانند سایر حوضه‌های خراسان شمالی حالت تنگنای محیطی به خود گرفته است(زمردیان، ۱۳۷۲). بر اثر وقوع زمین‌لغزش‌ها تاکنون مساحت زیادی از اراضی کشاورزی حاصلخیز و باغات از بین رفته‌اند که علاوه بر وارد آمدن خسارت قابل توجه به کشاورزان و باغداران آثار روانی نامطلوب و به دنبال آن پدیدهٔ مهاجرت را به همراه آورده است. براساس بررسی‌های انجام شده در این تحقیق بیش از ۱۵ مورد زمین‌لغزش بزرگ و اصلی در سطح حوضه شناسایی شد.

مواد و روش‌ها

به منظور شناسایی درجات مختلف خطر زمین‌لغزش در حوضهٔ اسطرخی آمار و اطلاعات مربوط به عوامل احتمالی ایجاد لغزش به شرح زیر از منابع مختلف تهیه شد:

۱ـ آمار هواشناسی

برای انجام مطالعات هواشناسی منطقهٔ مورد مطالعه از آمار روزانه ایستگاه‌های نوشیروان، سه یک آب، اسدلی و آمار ماهانه و سالانهٔ ۲۰ ایستگاه محدودهٔ مورد مطالعه و مجاور آن اعم از سینوپتیک، کلیماتولوژی، تبخیرسنجی و باران‌سنجی در دوره آماری ۸۱-۱۳۵۶ استفاده شد(سازمان هواشناسی خراسان رضوی،۱۳۸۳).

۲ـ اطلاعات زمینی(زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، پوشش گیاهی، لیتولوژی و ...)

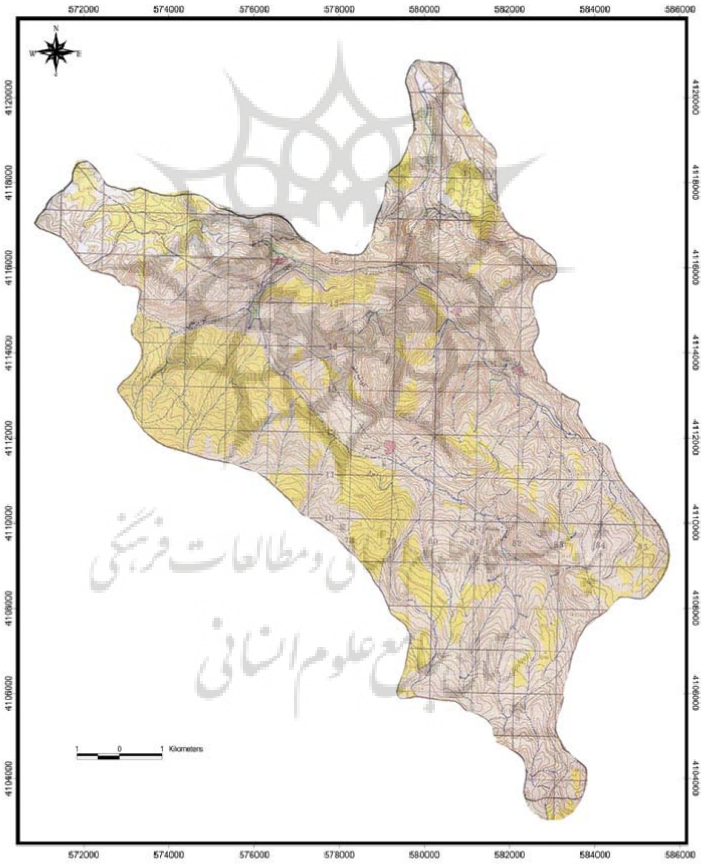
ـ نقشهٔ توپوگرافی با مقیاس ۱: ۲۵/۰۰۰ و ۱: ۵۰/۰۰۰، حوضه مربوط به سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح(سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح)؛

ـ نقشهٔ زمین‌شناسی با مقیاس ۱: ۱۰۰/۰۰۰ حوضه مورد مطالعه مربوط به سازمان زمین‌شناسی کشور، شیت شیروان(سازمان زمین شناسی کشور)؛

ـ تصاویر ماهواره‌ای(باند IRS (pan مربوط به سال ۲۰۰۴، و تـصویر مـاهواره‌ای لندست مربوط به سال ۲۰۰۲ حوضه.

۳ـ آمار زمین‌لغزش‌ها

برای تهیهٔ آمار زمین‌لغـزش‌هـا از اطلاعـات پرسـشنامه‌ای کـه توسـط مـدیریت آبخیزداری جهاد استان خراسان رضوی تهیه شده بـود، همچنـین عکـس‌هـای هـوایی و مشاهدات میدانی بهره گرفته شد.



نقشهٔ شماره(۱): توپوگرافی حوضهٔ مورد مطالعه

روش تهیهٔ لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز جهت تهیهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی زمین‌لغزش‌ها

بعد از مختصات‌دار نمودن تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، خاک(دادن مختصات واقعی پیکسل‌ها به آن) توسط نرم‌افزار Geomatica اقدام به تهیهٔ لایه‌های مورد نیاز به شرح زیر شد(قهرودی، ۱۳۷۳، ۱۱۴):

ـ تهیهٔ لایه‌های اطلاعاتی طبقات ارتفاعی، شیب، جهت‌شیب، سایه و آفتاب، تراکم زهکشی، فاصله از رودخانه و روستا از مدل رقومی نقشهٔ توپوگرافی حوضه در محیط GIS؛

ـ تهیهٔ لایه‌های اطلاعاتی لیتولوژی و فاصله از گسل از نقشهٔ زمین‌شناسی حوضه در محیط GIS؛

ـ تهیهٔ لایه‌های اطلاعاتی پوشش گیاهی، کاربری اراضی، خطواره‌ها از تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نرم‌افزار Geomatica؛

ـ تهیهٔ لایهٔ اطلاعاتی گروه‌های هیدرولوژیک خاک به روش S.C.S(سازمان حفاظت خاک آمریکا) براساس مطالعات میدانی و نمونه‌برداری و انجام آزمایش های گرانولومتری؛

ـ تهیهٔ لایه‌های اطلاعاتی خطوط همباران و همدمای حوضه از طریق ضریب همبستگی با ارتفاع در محیط GIS؛

ـ تهیهٔ لایهٔ اطلاعاتی حداکثر بارش ۲۴ ساعتهٔ حوضه توسط برنامهٔ کامپیوتری Hayfa؛

ـ تهیهٔ لایهٔ اطلاعاتی ماندگاری برف از طریق روابط خطی دما و ارتفاع خط همدمای صفر درجه در محیط GIS؛

روش وزن‌دهی

بعد از تهیه کلیهٔ لایه‌هایی که در زمین‌لغزش حوضه مؤثر بوده‌اند، با توجه به درجهٔ اهمیت و مقدار تأثیر هر کدام از عناصر آنها را به روش AHP وزن‌دهی نموده(فرجی سبکبار، ۱۳۸۴، ۱۲۵ – ۱۳۷)، بعد از وزن‌دهی لایه‌ها برای اینکه کلیهٔ لایه‌ها با هم جمع شوند، اقدام به تبدیل لایه‌های وکتوری به رستری گردید که این عمل با دستور raster

calcolater در محیط ArcGIS انجام شد. در آخر نقشهٔ پهنه‌بندی زمین‌لغزش‌ها تولید گردید که مراحل کار به شرح زیر بود:

مرحلهٔ اول

تهیهٔ نقشه‌های پایه مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش، اسکن نمودن و ژئورفرنس[1] کردن آنها.

مرحلهٔ دوم

تهیهٔ لایه‌های مورد نیاز از روی نقشه‌های ژئورفرنس شده در محیط Arc GIS و استفاده از نرم‌افزار Pci Geomatic جهت تهیهٔ لایه‌های مورد نیاز از روی تصاویر ماهواره‌ای(باند IRS (Pan سال ۲۰۰۴ و استفاده از دستور Inter Polate در قسمت Spacial Analysis جهت تهیهٔ لایه‌های مربوط به اقلیم.

مرحلهٔ سوم

ـ وزن‌دهی کردن هر کدام از لایه‌ها، بیشترین وزن به لایه‌ای تعلق گرفته است که بیشترین نقش را در زمین‌لغزش حوضه داشته است(LLC. 1998.)

ـ وزن‌دهی کردن هر کدام از عناصر موجود در هر لایه که معیار وزن‌دهی هر واحد اطلاعاتی نیز براساس بیشترین نقشی است که در داخل آن لایه، مؤثر در زمین‌لغزش است(Lopez&zink .1991).

مرحلهٔ چهارم

ترکیب لایه‌ها در Raster Calcolate در قسمت Spacial Analysis که در این مرحله نقشهٔ نهایی با چهار گروه مناطق با زمین‌لغزش خیلی زیاد، مناطق با زمین‌لغزش زیاد، مناطق با زمین‌لغزش متوسط، و مناطق با زمین‌لغزش کم تولید شد. در تمام مراحل ترسیم نقشه‌ها و نقشهٔ نهایی به دست آمده، مطالعات میدانی برای کنترل صحت آن به عمل آمده است.

روش پردازش

[1]- Geo Refrence

برای پهنه‌بندی زمین‌لغزش در حوضهٔ اسطرخی از روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP) استفاده شده است.

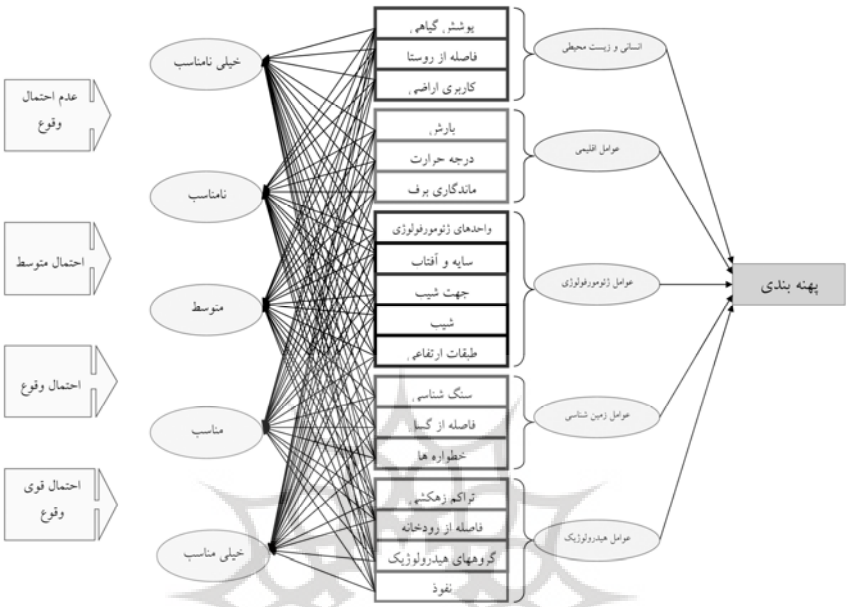
این روش براساس تجزیهٔ مسایل پیچیده به سلسله مراتب است که در رأس آن هدف کلی قرار دارد. در این تحقیق هدف تهیهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش است. در مرحلهٔ بعدی معیارها و زیر معیارها قرار می‌گیرند و در پایین‌ترین رده، سلسله مراتب گزینه‌ها قرار دارند. بعد از تجزیهٔ مسأله به سلسله مراتب، عناصر سطوح مختلف به صورت دوتایی با هم مقایسه می‌شوند و سپس براساس میزان ارجحیت دو معیار، ارزش‌گذاری صورت می‌گیرد(chen,2001).

AHP روش سادهٔ محاسباتی برای عملیات اصلی بر روی ماتریس‌هاست . با ایجاد سلسله مراتب مناسب و پردازش گام‌به‌گام، ساخت ماتریس‌های مقایسه‌ای در سطوح مختلف سلسله مراتب، AHP بُردار ویژه و مقادیر ویژهٔ آن را محاسبه کرده، با ترکیب بُردارها ضرایب وزنی گزینه‌های مختلف محاسبه می‌شوند(Jimfeng.yue.2002).

مزیت اصلی AHP آن است که به تصمیم‌گیران کمک می‌کند تا یک مسألهٔ پیچیده را به صورت ساختار سلسله مراتبی بشکنند و سپس به حل آن بپردازند(Shaw,1985). وزن معیار تصمیم‌گیری و گزینه‌های مختلف با توجه به مقایسه تنها دو عنصر در هر مرحله بدست می‌آید. برای بیان میزان ارجحیت یک عنصر بر عنصر دیگر، از عبارات غربالی، مقیاس عددی، یا نمودارهای ستونی استفاده می‌شود که به سهولت محاسبات کمک می‌کند. همچنین ماهیت تحلیل AHP منطق شفاف و واضح برای انتخاب گزینه‌های مختلف به وجود می‌آورد(Vernes,1984).

پهنه‌بندی زمین‌لغزش

در این قسمت مدل مفهومی برای تصمیم‌گیری در زمینهٔ پهنه‌بندی زمین‌لغزش با استفاده از AHP در محیط نرم‌افزاری GIS ارایه می‌شود. فرآیند تصمیم‌گیری در چهار سطح به شرح زیر انجام پذیرفت:



سطح ۱: هدف کلی سلسله مراتب در بالاترین سطح قرار دارد. در اینجا هدف اصلی تهیهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش است.

سطح ۲: در این سطح عواملی که برای پهنه‌بندی زمین‌لغزش مورد نظر هستند، تعیین می‌شوند.

سطح ۳: در این سطح عوامل سطح ۲ به عناصر جزئی‌تری تقسیم می‌شود تا امکان مدل‌سازی فضایی و تهیهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی را فراهم کنند.

سطح ۴: در این سطح از مقیاس‌بندی چهار طبقه‌ای(خطر خیلی زیاد، زیاد، متوسط و کم) استفاده شده است.

محاسبهٔ ماتریس‌های وزنی

شکل شماره(۲) سلسله مراتب تصمیم‌گیری در مورد پهنه‌بندی زمین‌لغزش را نشان می‌دهد. در سطح دوم این شکل عوامل مؤثر بر پهنه‌بندی زمین‌لغزش تعیین شده‌اند. برای انجام مقایسهٔ ماتریسی به ابعاد ۵×۵ ایجاد می‌شود. سپس عوامل مختلف دوتایی با هم مقایسه می‌شوند و مقادیر مربوط به آنها اختصاص می‌یابد.

جدول شماره(۱): ماتریس سطح ۱

	عوامل اقلیمی	عوامل زمین‌شناسی	عوامل مورفولوژی	عوامل هیدرولوژی	عوامل انسانی(زیست‌محیطی)
عوامل اقلیمی	۱	۳	۵	۷	۹
عوامل زمین‌شناسی	۱/۳	۱	۳	۵	۷
عوامل مورفولوژی	۱/۵	۱/۳	۱	۳	۵
عوامل هیدرولوژی	۱/۷	۱/۵	۱/۳	۱	۳
عوامل انسانی(زیست‌محیطی)	۱/۹	۱/۷	۱/۵	۱/۳	۱
جمع	۱/۷۵	۴/۶۴	۹/۵	۱۶/۳	۲۵

برای محاسبهٔ مقادیر و بردار ویژه، ستون‌ها با هم جمع شده، هر سلول ماتریس بر جمع ستون مربوط تقسیم می‌شود که این عمل برای نرمال کردن ماتریس انجام می‌گیرد.

مرحلهٔ بعدی، محاسبهٔ میانگین سطرهای ماتریس است که از آن به عنوان وزن نسبی در این سطح استفاده می‌شود. وزن معیار برای عوامل اقلیمی ۰/۵۰۶، عوامل زمین‌شناسی ۰/۲۵۷، عوامل مورفولوژی ۰/۱۳۳، عوامل هیدرولوژی ۰/۰۶۷ و عوامل انسانی(زیست‌محیطی) ۰/۰۳۴ است.

جدول شماره(۲): محاسبه وزن نسبی عوامل سطح ۱

	عوامل اقلیمی	عوامل زمین‌شناسی	عوامل مورفولوژی	عوامل هیدرولوژی	عوامل انسانی(زیست‌محیطی)	وزن نسبی
عوامل اقلیمی	۰/۵۷۱	۰/۶۴۴	۰/۵۲۶	۰/۴۲۹	۰/۳۶۰	$\frac{۲/۵۳}{۵}=۰/۵۰۶$
عوامل زمین‌شناسی	۰/۱۷۱	۰/۲۱۵	۰/۳۱۵	۰/۳۰۶	۰/۲۸۰	$\frac{۱/۲۸}{۵}=۰/۲۵۷$
عوامل مورفولوژی	۰/۱۱۴	۰/۰۶۴	۰/۱۰۵	۰/۱۸۴	۰/۲۰۰	$\frac{۶۶۵}{۵}=۰/۱۳۳$
عوامل هیدرولوژی	۰/۰۸۰	۰/۰۴۳	۰/۰۳۱	۰/۰۶۱	۰/۱۲۰	$\frac{۳۳۵}{۵}=۰/۰۶۷$
عوامل انسانی(زیست‌محیطی)	۰/۰۶۲	۰/۰۳۰	۰/۰۲۱	۰/۰۱۸	۰/۰۴۰	$\frac{۱۷۰}{۵}=۰/۰۳۴$

در مرحلهٔ بعد با توجه به عوامل مؤثر در زمین‌لغزش سطح ۲ همانند مراحل قبل با هم مقایسه می‌شوند. ابتدا ماتریسی به ابعاد ۱۷×۱۷ ایجاد می‌شود. سپس عناصر مختلف دوتایی با هم مقایسه می‌شوند و مقادیر مربوط به آنها اختصاص می‌یابد.

جدول (۳): ماتریس سطح دوم

	بارش	درجه حرارت	ماندگاری برف	سنگ شناسی	فاصله از گسل	خطواره	واحدهای مورفولوژی	جهت شیب	شیب	طبقات ارتفاعی	تراکم زهکشی	فاصله از رودخانه	گروههای هیدرولوژیک خاک	کاربری اراضی	فاصله از روستا	پوشش گیاهی
بارش	۱	۳	۳	٤	٥	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۹	۹	۹
درجه حرارت	$\frac{۱}{۳}$	۱	۳	۳	٤	٥	٥	٦	٥	٥	٥	٤	٥	۷	۷	۷
ماندگاری برف	$\frac{۱}{۳}$	$\frac{۱}{۳}$	۱	۲	۳	٤	٤	٥	٤	٤	٣	۳	٥	۸	۹	۸
سنگ شناسی	$\frac{۱}{۴}$	$\frac{۱}{۳}$	$\frac{۱}{۲}$	۱	٥	۳	۷	٥	۷	٥	٥	۳	۳	۹	۹	۹
فاصله از گسل	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۴}$	$\frac{۱}{۳}$	$\frac{۱}{۵}$	۱	۳	۷	۸	۷	۷	٦	٦	٥	۷	۷	۷
خطواره	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۴}$	$\frac{۱}{۳}$	$\frac{۱}{۳}$	۱	۲	۷	٦	٥	٤	٥	٥	٦	٦	٦
واحدهای مورفولوژی	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۴}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۶}$	۱	٥	۷	٥	٣	٥	٣	٥	۷	۷
سایه و آفتاب	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۶}$	$\frac{۱}{۳}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۸}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۵}$	۱	٣	٦	٥	٥	۷	۹	۹	۹
جهت شیب	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۶}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۶}$	$\frac{۱}{۷}$	۱	٥	٣	٦	٥	٦	۷	۷	۷
شیب	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۴}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۶}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۵}$	۱	۲	٤	٥	٦	۷	۷	٥
طبقات ارتفاعی	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۴}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۶}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۳}$	$\frac{۱}{۲}$	۱	٥	٣	٣	۹	۹	۷
تراکم زهکشی	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۴}$	$\frac{۱}{۳}$	$\frac{۱}{۳}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۴}$	$\frac{۱}{۳}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۴}$	$\frac{۱}{۵}$	۱	۷	٥	۸	۸	۷
فاصله از رودخانه	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۶}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۶}$	$\frac{۱}{۷}$	۱	٥	۷	۸	۷
گروههای هیدرولوژیک خاک	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۶}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۳}$	$\frac{۱}{۲}$	$\frac{۱}{۲}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۵}$	۱	۹	۹	۹
کاربری اراضی	$\frac{۱}{۹}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۸}$	$\frac{۱}{۹}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۶}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۹}$	$\frac{۱}{۸}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۹}$	۱	۵	۷
فاصله از روستا	$\frac{۱}{۹}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۸}$	$\frac{۱}{۹}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۶}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۹}$	$\frac{۱}{۸}$	$\frac{۱}{۸}$	$\frac{۱}{۹}$	$\frac{۱}{۵}$	۱	۷
پوشش گیاهی	$\frac{۱}{۹}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۸}$	$\frac{۱}{۹}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۶}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۹}$	$\frac{۱}{۵}$	$\frac{۱}{۷}$	۱
جمع	۳/۷	۷/۰٤	۱۰/۳۵	۱٦/۳	۱۹/۹	۲٤/۹	۳۹	٤٥/٥	٤۸/٥	٥۲/۹	٥۱/۱	٤۷/۷	٦۷/٦	٦۲/۳	۱۰۸/۳	۱۱۷/۲	۱۱٦

برای محاسبهٔ مقادیر و بردبار ویژه ستون‌ها با هم جمع و هر سلول ماتریس بر جمع ستون مربوط تقسیم می‌شود که این عمل برای نرمال کردن ماتریس انجام می‌شود.

جدول شماره (۴): محاسبهٔ وزن نسبی عوامل سطح ۲

	بارش	درجه حرارت	ماندگاری برف	سنگ شناسی	فاصله از گسل	خطواره	واحدهای مورفولوژی	سایه و آفتاب	جهت شیب	شیب	طبقات ارتفاعی	تراکم زهکشی	فاصله از رودخانه	گروه‌های هیدرولوژیک خاک	کاربری اراضی	فاصله از روستا	پوشش گیاهی	وزن نسبی
بارش	۰/۲۷۰	۰/۴۲۸	۰/۲۸۹	۰/۲۴۵	۰/۲۵۱	۰/۲۸۱	۰/۱۷۹	۰/۱۵۴	۰/۱۴۴	۰/۱۳۲	۰/۱۳۷	۰/۱۴۶	۰/۱۰۳	۰/۱۱۲	۰/۰۸۳	۰/۰۶۸	۰/۰۷۷	۳/۰۹۹ / ۱۷ = ۰/۱۸۲
درجه حرارت	۰/۸۱	۰/۱۴۲	۰/۲۹۱	۰/۱۸۴	۰/۲۰۱	۰/۲۰۰	۰/۱۲۸	۰/۱۳۱	۰/۱۲۳	۰/۰۹۴	۰/۰۹۸	۰/۰۸۳	۰/۰۷۳	۰/۰۸۰	۰/۰۶۵	۰/۰۶۰	۰/۰۶۰	۲/۸۲۳ / ۱۷ = ۰/۱۶۶
ماندگاری برف	۰/۸۱	۰/۰۹۷	۰/۰۴۳	۰/۱۲۲	۰/۱۵۰	۰/۱۶۰	۰/۱۰۲	۰/۰۶۵	۰/۱۰۳	۰/۰۷	۰/۰۷۸	۰/۰۶۳	۰/۰۷۳	۰/۰۸۰	۰/۰۷۴	۰/۰۶۸	۰/۰۶۷	۲/۲۲۵ / ۱۷ = ۰/۱۳۰
سنگ شناسی	۰/۰۶۷	۰/۰۴۳	۰/۰۴۸	۰/۰۶۱	۰/۲۵۱	۰/۱۲۰	۰/۱۷۹	۰/۱۵۴	۰/۱۰۳	۰/۱۳۲	۰/۰۹۷	۰/۰۶۳	۰/۰۷۳	۰/۱۱۲	۰/۰۸۳	۰/۰۶۸	۰/۰۷۷	۱/۷۳۱ / ۱۷ = ۰/۱۰۱
فاصله از گسل	۰/۰۵۴	۰/۰۳۶	۰/۰۲۹	۰/۰۱۲	۰/۰۵۰	۰/۱۲۰	۰/۱۷۹	۰/۱۷۵	۰/۱۴۴	۰/۱۱۳	۰/۱۳۷	۰/۱۴۶	۰/۰۸۹	۰/۰۹۶	۰/۰۶۵	۰/۰۶۰	۰/۰۶۰	۱/۵۲۵ / ۱۷ = ۰/۰۹۳
خطواره	۰/۰۳۸	۰/۰۲۸	۰/۰۴۲	۰/۰۱۸	۰/۰۱۵	۰/۰۴۰	۰/۱۵۳	۰/۱۵۴	۰/۱۲۳	۰/۰۹۴	۰/۱۱۷	۰/۰۸۳	۰/۰۷۳	۰/۰۸۰	۰/۰۵۵	۰/۰۵۱	۰/۰۵۲	۱/۲۱۶ / ۱۷ = ۰/۰۷۱
واحدهای مورفولوژی	۰/۰۳۸	۰/۰۲۸	۰/۰۴۲	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۲۵	۰/۱۰۹	۰/۱۴۴	۰/۰۹۴	۰/۰۹۷	۰/۰۶۳	۰/۰۷۳	۰/۰۴۸	۰/۰۶۴	۰/۰۶۰	۰/۰۶۰	۱/۱۵۵ / ۱۷ = ۰/۰۶۸
سایه و آفتاب	۰/۰۳۸	۰/۰۲۳	۰/۰۲۹	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۲۲	۰/۰۶۱	۰/۱۱۳	۰/۰۹۷	۰/۱۴۶	۰/۱۰۳	۰/۰۸۰	۰/۰۸۳	۰/۰۶۸	۰/۰۶۰	۱/۰۶۱ / ۱۷ = ۰/۰۶۲
جهت شیب	۰/۰۳۸	۰/۰۲۳	۰/۰۲۰	۰/۰۱۲	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۲۰	۰/۰۹۴	۰/۰۵۸	۰/۱۴۶	۰/۰۸۹	۰/۰۴۸	۰/۰۶۵	۰/۰۶۰	۰/۰۶۰	۰/۹۵۳ / ۱۷ = ۰/۰۵۶
شیب	۰/۰۳۸	۰/۰۲۸	۰/۰۴۲	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۱۸	۰/۰۳۹	۰/۰۸۳	۰/۰۷۳	۰/۰۳۲	۰/۰۶۵	۰/۰۶۰	۰/۰۴۳	۰/۹۳۲ / ۱۷ = ۰/۰۴۶
طبقات ارتفاعی	۰/۰۳۸	۰/۰۲۸	۰/۰۴۲	۰/۰۱۲	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۱۹	۰/۱۴۶	۰/۰۴۴	۰/۰۴۸	۰/۰۸۳	۰/۰۶۸	۰/۰۶۰	۰/۹۱۶ / ۱۷ = ۰/۰۵۴
تراکم زهکشی	۰/۰۵۴	۰/۰۳۶	۰/۰۲۹	۰/۰۱۸	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۲۰	۰/۱۰۳	۰/۰۸۰	۰/۰۷۴	۰/۰۶۸	۰/۰۶۰	۰/۸۰۸ / ۱۷ = ۰/۰۴۷
فاصله از رودخانه	۰/۰۳۸	۰/۰۲۸	۰/۰۲۰	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۱۴	۰/۰۸۰	۰/۰۶۵	۰/۰۶۸	۰/۰۶۰	۰/۷۷۳ / ۱۷ = ۰/۰۴۵
گروه‌های هیدرولوژیک خاک	۰/۰۳۸	۰/۰۲۸	۰/۰۲۰	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۱۶	۰/۰۸۳	۰/۰۶۸	۰/۰۷۷	۰/۹۷۰ / ۱۷ = ۰/۰۵۷
کاربری اراضی	۰/۰۲۸	۰/۰۲۰	۰/۰۱۲	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۰۴۲	۰/۰۶۰	۰/۹۵۲ / ۱۷ = ۰/۰۳۴
فاصله از روستا	۰/۰۲۸	۰/۰۲۰	۰/۰۱۱	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۶۰	۰/۶۰۹ / ۱۷ = ۰/۰۳۵
پوشش گیاهی	۰/۰۲۸	۰/۰۲۰	۰/۰۱۲	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۹	۶۲۰ / ۱۷ = ۰/۰۳۶

در این مرحله، ماتریس وزنی سطح سوم محاسبه می‌شود(احتمال خطر وقوع زمین‌لغزش).

جدول شماره(۵): ماتریس سطح سوم

	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم
خیلی زیاد	۱	۵	۷	۹
زیاد	$\frac{۱}{۵}$	۱	۵	۷
متوسط	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۵}$	۱	۵
کم	$\frac{۱}{۹}$	$\frac{۱}{۷}$	$\frac{۱}{۵}$	۱
جمع	۱/۴۵	۶/۳۴	۱۳/۲	۲۲

جدول شماره(۶): محاسبهٔ وزن نسبی سطح سوم

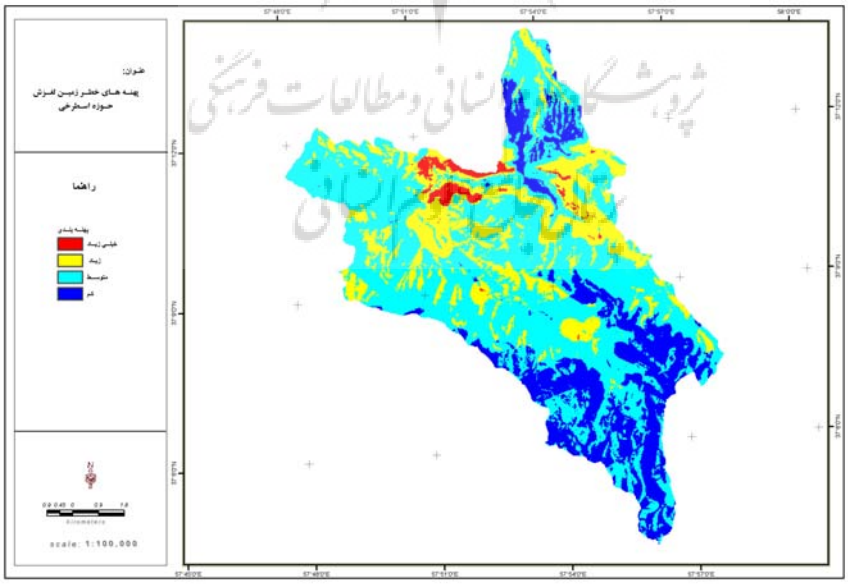
وزن نسبی	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	
$\frac{۲/۳۴}{۴}=۰/۵۸$	۰/۴۰	۰/۴۸	۰/۷۸	۰/۶۸	خیلی زیاد
$\frac{۰/۹۳}{۴}=۰/۲۳$	۰/۴۲	۰/۵۳	۰/۱۵۷	۰/۱۳۷	زیاد
$\frac{۰/۴}{۴}=۰/۱$	۰/۲۲۷	۰/۰۷۵	۰/۰۳۲	۰/۹۶۵	متوسط
$\frac{۰/۱۴}{۴}=۰/۰۳۵$	۰/۰۴۵	۰/۰۱۵	۰/۰۲۲	۰/۰۷۵	کم

محاسبهٔ وزن عمومی

در این مرحله که آخرین مرحلهٔ محاسبات وزنی است، با توجه به وزن‌های نسبی که در هر مرحله به دست آمده، وزن عمومی محاسبه می‌شود.

با بررسی وزن‌های به دست آمده عوامل اقلیمی(بارش، درجه حرارت، ماندگاری برف) به ترتیب با ۰/۸۵، ۰/۸۹، ۰/۴۶ بیشترین وزن‌ها و عوامل انسانی(کاربری اراضی، فاصله از روستا و پوشش گیاهی) به ترتیب با ۰/۰۴۶، ۰/۰۶۸ و۰/۰۴۴ کمترین وزن‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. براساس وزن‌های عمومی به دست آمده، نقشهٔ پهنه‌بندی خطر در محیط GIS تهیه شد(نقشه شماره ۲).

نقشه شماره(۲): پهنه‌بندی زمین‌لغزش



جدول شماره(۷): وزن‌های نسبی و عمومی عوامل مؤثر بر پهنه‌بندی زمین‌لغزش

عوامل سطح ۱	وزن نسبی	عوامل سطح ۲	وزن نسبی	عوامل فرعی	وزن نسبی	وزن عمومی
عوامل اقلیمی	۰/۵۰۶	بارش	۰/۱۸۲	بسیار زیاد	۰/۵۸	۰/ ۵۳
				زیاد	۰	۰
				متوسط	۰	۰
				کم	۰/۰۳۵	۰/۳۲
		درجه حرارت	۰/۱۶۶	بسیار زیاد	۰/۵۸	۰/ ٤۹
				زیاد	۰	۰
				متوسط	۰/۱	۰/ ۳۷
				کم	۰/۰۳۵	۰/۰۳
		ماندگاری برف	۰/۱۳۰	بسیار زیاد	۰/۵۸	۰/ ۳۸
				زیاد	۰	۰
				متوسط	۰/۱	۰/۰٦
				کم	۰/۰۳۵	۰/۰۲
عوامل زمین‌شناسی	۰/۲۵۷	سنگ شناسی	۰/۱۰۱	بسیار زیاد	۰	۰
				زیاد	۰/۲۳	۰/۰٦
				متوسط	۰/۱	۰/۰۳
				کم	۰/۰۳۵	۰/۰۹
		فاصله از گسل	۰/۰۹۲	بسیار زیاد	۰	۰
				زیاد	۰/۲۳	۰/۰۵
				متوسط	۰/۱	۰/۰۲
				کم	۰/۰۳۵	۰/۰۸
		خطواره	۰/۰۷۱	بسیار زیاد	۰/۵۸	۰/۰۱۱
				زیاد	۰/۲۳	۰/۰٤
				متوسط	۰/۱	۰/۰۲
				کم	۰/۰۳۵	۰/۰٦
عوامل مورفولوژی	۰/۱۳۳	واحدهای مورفولوژی	۰/۰٦۸	بسیار زیاد	۰	۰
				زیاد	۰	۰
				متوسط	۰/۱	۰/۰۹
				کم	۰/۰۳۵	۰/۰۳
		سایه و آفتاب	۰/۰٦۲	بسیار زیاد	۰/۵۸	۰/۰۵
				زیاد	۰	۰
				متوسط	۰	۰
				کم	۰/۰۳۵	۰/۰۳
		جهت شیب	۰/۰۵٦	بسیار زیاد	۰/۵۸	۰/۰٤
				زیاد	۰	۰
				متوسط	۰/۱	۰/۰۷
				کم	۰/۰۳۵	۰/۰۳
		شیب	۰/۰٤٦	بسیار زیاد	۰	۰
				زیاد	۰/۲۳	۰/۰۱
				متوسط	۰/۱	۰/۰٦
				کم	۰/۰۳۵	۰/۰۲
		طبقات ارتفاعی	۰/۰۵٤	بسیار زیاد	۰	۰
				زیاد	۰	۰
				متوسط	۰/۱	۰/۰۷
				کم	۰/۰۳۵	۰/۰۲
عوامل هیدرولوژی	۰/۰٦۷	تراکم زهکشی	۰/۰٤۷	بسیار زیاد	۰/۵۸	۰/۰۲
				زیاد	۰	۰
				متوسط	۰	۰
				کم	۰/۰۳۵	۰/۰۱
		فاصله ازرودخانه	۰/۰٤۵	بسیار زیاد	۰	۰
				زیاد	۰/۲۳	۰/ ۰۷
				متوسط	۰/۱	۰/۰۳ ۰
				کم	۰/۰۳۵	۰/۰۱
		گروههای هیدرولوژیک خاک	۰/۰۵۷	بسیار زیاد	۰/۵۸	۰/۲
				زیاد	۰	۰
				متوسط	۰	۰
				کم	۰/۰۳۵	۰/۰۱
عوامل انسانی (زیست محیطی)	۰/۰۳٤	کاربری اراضی	۰/۰۳٤	بسیار زیاد	۰/۵۸	۰/۰٦
				زیاد	۰	۰
				متوسط	۰	۰
				کم	۰/۰۳۵	۰/۰٤۰٤
		فاصله از روستا	۰/۰۳۵	بسیار زیاد	۰	۰
				زیاد	۰/۲۳	۰/۰۲۷۳
				متوسط	۰	۰
				کم	۰/۰۳۵	۰/۰٤۱٦
		پوشش گیاهی	۰/۰۳٦	بسیار زیاد	۰	۰
				زیاد	۰/۲۳	۰/۰۲۸۱
				متوسط	۰/۱	۰/۰۱۲۲
				کم	۰/۰۳۵	۰/۰۰٤۲

نتیجه‌گیری

با توجه به نقشهٔ پهنه‌بندی به دست آمده، براساس هفده عامل مؤثر بر زمین‌لغزش در قالب لایه‌های مختلف اطلاعاتی با ریسک وقوع زمین‌لغزش بسیار زیاد تا کم شناسایی شدند. مناطق با خطر بسیار زیاد و زیاد در قسمت پایین‌دست حوضه واقع شده‌اند و مناطق خطر کم در قسمت‌های مرتفع و کوهستانی حوضه که نشان‌دهندهٔ وجود عوامل اولیهٔ وقوع زمین‌لغزش، مانند کاربری اراضی، فاصله از روستا، هیدرولوژی، خاک، پوشش گیاهی و ... جهت وقوع زمین‌لغزش در حوضه است. عناصر اقلیمی نیز به عنوان عوامل ثانویه و محرک، نقش اصلی را در وقوع زمین‌لغزش‌ها بر عهده دارند.

براساس مدل و پهنه‌بندی یادشده، حدود ۸ درصد از موارد مشاهده شده زمین‌لغزش‌ها براساس مشاهدات میدانی در پیش‌بینی و پهنه‌بندی به غلط در پهنهٔ با خطر خیلی کم قرار گرفته‌اند و ۹۲ درصد موارد مشاهده شده به درستی در پهنهٔ خطر بسیار زیاد و زیاد قرار گرفته‌اند که خود نشان دهندهٔ دقت بالای این مدل است.

براساس نقشهٔ پهنه‌بندی به دست آمده، حدود ۱/۸ درصد از مساحت حوضه در پهنهٔ خطر بسیار زیاد، ۲۰/۹ درصد در پهنهٔ خطر زیاد، ۵۶/۹ درصد در پهنهٔ خطر متوسط و ۲۰/۴ درصد در پهنهٔ خطر پایین قرار می‌گیرد.

در خاتمه پیشنهاد می‌شود هرگونه کاربری اراضی و برنامه‌ریزی در حوضهٔ مورد مطالعه براساس نقشهٔ پهنه‌بندی خطر تهیه شده صورت گیرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع مآخذ

۱. سازمان هواشناسی خراسان رضوی و خراسان شمالی، **آمار هواشناسی**.

۲. ایزانلو، اسماعیل(۱۳۷۶)؛ **بررسی قابلیت داده‌های سنجش از دور و GIS برای پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای در حوضهٔ آبریز رودخانه بیدواز**، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

۳. رامشت، محمدحسن(۱۳۷۵)؛ **کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی**، چاپ اول، دانشگاه اصفهان.

۴. زمردیان، محمدجعفر(۱۳۷۳)؛ «تنگناهای ژئومورفولوژیکی دامنه‌های شمالی بینالود»، **مجموعهٔ مقالات هشتمین کنگرهٔ جغرافیایی**، دانشگاه اصفهان، صص۱۶۲-۱۸۰.

۵. زمردیان، محمدجعفر(۱۳۸۱)، **ژئومورفولوژی ایران**، چاپ اول، دانشگاه فردوسی مشهد.

۶. فرجی سبکبار، حسنعلی(۱۳۸۴)؛ «مکان‌یابی واحدهای خدمات بازرگانی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP در بخش طرقبه شهرستان مشهد»، **مجلهٔ پژوهش‌های جغرافیایی**، شماره ۵۱، صص ۱۲۵-۱۳۷.

۷. قهرودی، منیژه(۱۳۷۳)؛ **کاربرد Arc GIS در ژئومورفولوژی**، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تربیت معلم، تهران.

۸. کرم، عبدالامر(۱۳۸۱)؛ **مدل‌سازی کمی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در زاگرس چین خورده**، پایان‌نامهٔ دکتری، دانشگاه تهران.

۹. کمک‌پناه، علی(۱۳۷۰)؛ بررسی عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش‌های کشور، **مجموعه مقالات اولین کارگاه تخصصی راهبردهای کاهش خسارات زمین‌لغزش در کشور**، چاپ اول، مؤسسهٔ بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران.

۱۰. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، **نقشهٔ توپوگرافی ۵۰۰۰۰ :۱**.

۱۱. سازمان زمین‌شناسی کشور، شیت شیروان، **نقشهٔ زمین‌شناسی ۱۰۰۰۰۰ :۱**.

۱۲. نیک‌اندیش، نسرین؛ نگرشی بر اهمیت حرکات توده‌ای زمین در ایران، **نشریهٔ جهاد سازندگی**، شمارهٔ ۱۵۵، سال دوازدهم.

۱۳. وزارت جهاد کشاورزی(۱۳۸۳)؛ سازمان جنگل‌ها، آبخیزداری و مراتع کشور، گروه بررسی زمین‌لغزش‌ها، **گزارش بانک اطلاعاتی زمین‌لغزش‌های کشور**.

۱۴. هوک. ج. ام،(۱۳۷۲)؛ **ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی محیطی**، ترجمهٔ محمدجعفر زمردیان، چاپ اول، سمت، تهران.

15. Chen, Yuh, Wen.(2001). **Implemetingan Hierarchy Process by Fuzzy integral.** International Journal of Fuzzy System, Vol.3.

16. Jinfeng. Yue,(2002). **Generating Ranking Groups in Analytical Hierarchy process**, pecision sciences institut 2002 Anaual meeting proceedings.

17. LLC(1998). **Site location modeling,** smart Marketing technologies.

18. Lopez, H, J&J,A. Zink.(1991).**GIS-assisted Modelling of mass Movements**, Itc Journal, 1991-4.

19. Shaw, G&D, wheeler.(1985). **Statistical techniques in Geograpical Analysis,** Dublin. Jhon wiely & Sons press.

20. Vernes. D, J.(1984). **Landslide hazard zonation,** a review of principles & practice. Unesco, pragi.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی