

ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه قرنقوچای به روش دو متغیره آماری

مریم بیاتی خطیبی^۱

چکیده

به منظور مشخص نمودن محدوده‌های حساس به وقوع لغزش در دامنه‌ای شرقی کوهستان سهند، در این مقاله ابتدا ۹ لایه از عوامل مؤثر در رانش زمین رقومی شده و پس از وزن‌دهی به عوامل با استفاده از نرم‌افزار Arc/View و تجزیه و تحلیل دو متغیره، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در محدوده حوضه قرنقوچای (با مختصات جغرافیائی ۶۵/۲۷' تا ۴۲/۴۷' طول شرقی و ۳۶/۵۸' تا ۴۴/۳۷' عرض شمالی) تهیه شده است. نتایج حاصل از این مطالعات و پهنه‌بندی محدوده‌های تحت خطر نشان می‌دهد بخش‌های حساس به وقوع لغزش، غالباً از سازندهایی مانند مارن، خاکسترهای آتشفشانی و آبرفت‌های قدیمی تشکیل شده و اکثراً این محدوده‌ها دارای شیب تند بوده و در ارتفاع ۲۰۰۰ متری واقع شده‌اند. در حوضه قرنقوچای، بیش از ۷ روستا (پنگجه، قلعه، سعادتلو، دربند، سلوک، آغچه‌رود، عزیزکندی)، در محدوده با خطر خیلی بالا و بیش از ۱۲ روستا (حسین آلان، شوردرق، آغچه‌اوغلان، شورقره‌کند، کریم‌آباد، احمدآباد، قراجه‌قیه، عین‌آباد، طهرآباد، چپند، آغبلاغ، آسایش، گشایش) نیز در محدوده با خطر بالا قرار گرفته‌اند. بخش‌های حساس به وقوع لغزش عموماً در بخش‌های میانی حوضه و در بالادست سد سهند قرار گرفته‌اند. قرار گرفتن بی‌ثبات‌ترین دامنه‌ها در محدوده‌های بالادست سد (سد سهند) و مدیریت نامناسب شیب‌ها در محدوده یاد شده از جمله مواردی است که شناسائی و پهنه‌بندی محدوده‌های حساس به وقوع لغزش، به منظور مدیریت مناسب دامنه‌ها را بیش از پیش ضروری ساخته است.

واژگان کلیدی: لغزش، پهنه‌بندی خطر، حوضه قرنقوچای، روش دو متغیره.

مقدمه

ثبات دامنه‌ها در مناطق کوهستانی بسیار شکننده و کلیه تأسیسات انسانی مستقر بر روی دامنه‌های ناپایدار آسیب‌پذیر هستند. مطالعه و ارزیابی میزان آسیب‌پذیری در مناطق کوهستانی، اولین قدم در کاهش میزان اثرات لغزش‌ها و ایجاد اطمینان لازم برای برنامه‌ریزی‌ها و انجام کارهای عمرانی در محدوده مورد نظر است. بررسی‌های متعددی در مورد میزان ثبات دامنه‌ها از سوی محققین داخلی (آدابی و همکاران، ۱۳۷۷، ص ۵۳؛ احمدی و طالبی، ۱۳۸۰، ص ۷۶؛ حق‌شناس و همکاران، ۱۳۷۶، ص ۱۱۹؛ حکیمی و پورکرمانی، ۱۳۷۲، ص ۷۷؛ غفوری و عاشوری، ۱۳۷۷، ص ۱۰۵) صورت گرفته و روش‌های زیادی برای ارزیابی میزان آسیب‌پذیری در طی چندین دهه توسعه یافته است (بی‌شاب و همکاران^۱، ۱۹۹۸، ص ۷؛ گوئی ناو و همکاران^۲، ۲۰۰۵، ص ۳۱۸؛ کوماک^۳، ۲۰۰۵، ص ۱۹؛ دربی شایر و همکاران^۴، ۱۹۹۵، ص ۱۹ و...)، مخصوصاً برای محدوده‌هایی که بیشتر در معرض خطر وقوع زمین‌لرزه‌ها و سیلاب‌ها - به عنوان عوامل اصلی تحریک‌کننده دامنه‌ها به بی‌ثباتی - قرار می‌گیرند.

تمایل به کارگیری روش‌های آماری و استفاده از تکنیک‌های مانند سیستم اطلاعات جغرافیائی (GIS)، نتایج موفقیت‌آمیز داشته است (کلرسی^۵، ۲۰۰۲، ص ۵۰؛ دیکائو^۶، ۱۹۹۶؛ گائو^۷، ۱۹۹۳، ص ۵۸۰) و تهیه نقشه‌های حساسیت با دقت

-
- 1- Bishop, et al.,
 - 2- Guinau, et al.,
 - 3- Komac
 - 4- Derbyshire et al.,
 - 5- Clerici
 - 6- Dikau
 - 7- Gao

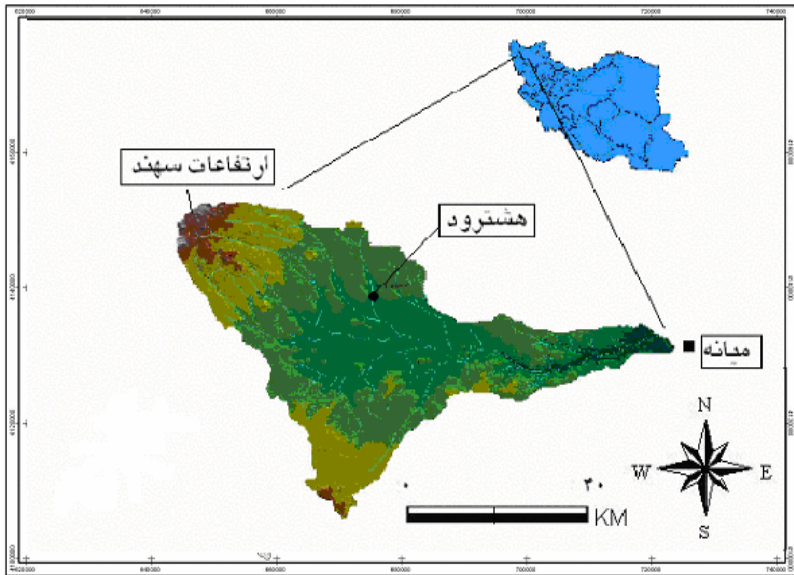
بالا به عنوان نقشه‌های پایه برای برنامه‌ریزی‌های بعدی از خروجی‌های اصلی این تلاش‌ها و ماحصل به کارگیری روش‌های معقول بوده است.

لغزش‌ها از متداول‌ترین مخاطرات طبیعی در توده کوهستانی سهند محسوب می‌شود اما علی‌رغم چنین فراوانی تاکنون تحقیقات جامعی در این مورد صورت نگرفته است. در این توده، به لحاظ حاکمیت شرایط اقلیمی خشن و بسترهای مشکل از مواد مستعد به وقوع لغزش، از جمله مواد آذر آواری و آبرفت‌های قدیمی، از مناطق مستعد کشور به وقوع لغزش به شمار می‌آید. در میان کلیه حوضه‌های زهکشی توده کوهستانی سهند، دامنه‌های حوضه قرنقوچای، به عنوان بزرگ‌ترین حوضه توده سهند به لحاظ ویژگی‌های خاص طبیعی بیشترین استعداد را به وقوع لغزش دارا می‌باشد، به همین دلیل و به لحاظ استقرار تأسیسات انسانی، بررسی میزان ثبات دامنه‌ها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. علی‌رغم تهدید سکونتگاه‌های انسانی مستقر در دامنه‌ها، کشت‌زارها در بخش‌های شیب‌دار و در داخل دشت‌های سیلابی (کاربری اراضی، ۱۳۷۲، ص ۱۰) توسط حرکات توده‌ای و همچنین تهدید سازه‌های آبی توسط لغزش‌ها، هنوز هم در خصوص بررسی و ممیزی بخش‌های حساس به وقوع مخاطرات ژئومورفولوژیکی، به ویژه، لغزش، مطالعات و اقدامات اساسی صورت نگرفته است. تحقیق حاضر با هدف پر نمودن چنین خلایبی بوده است.

موقعیت جغرافیائی و ویژگی‌های طبیعی و زمین‌شناسی حوضه قرنقوچای

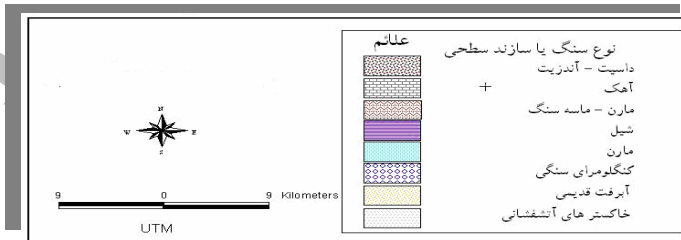
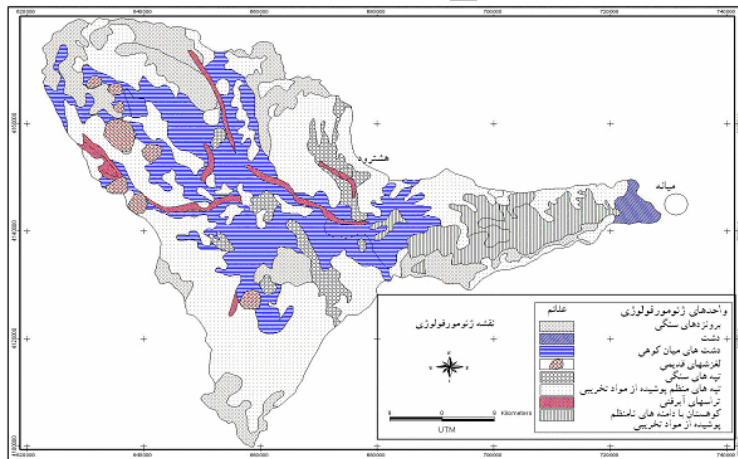
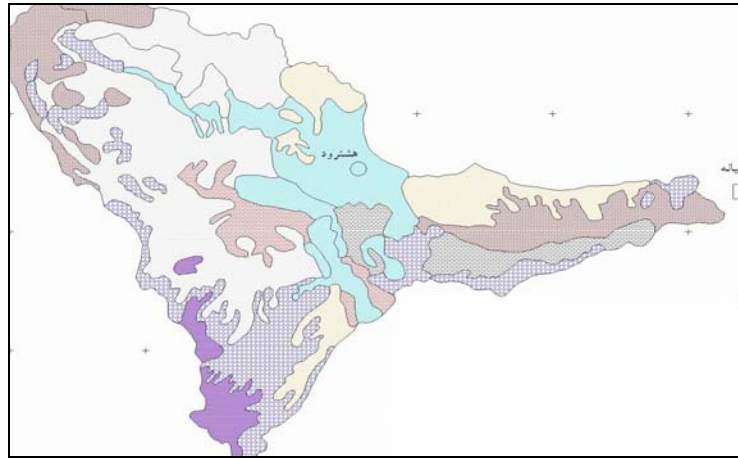
زیرحوضه قرنقوچای، با مساحت ۳۵۷۰ کیلومتر مربع، در حوضه رودخانه قزل‌اوزن قرار گرفته است. این حوضه با روند عمومی شرقی - غربی و مختصات

جغرافیائی $۴۶^{\circ}/۲۷'$ تا $۴۷^{\circ}/۴۲'$ طول شرقی و $۳۶^{\circ}/۵۸'$ تا $۳۷^{\circ}/۴۴'$ عرض شمالی در شمال غرب کشور و در دامنه‌های شرقی سه‌ند واقع شده است (شکل ۱). ارتفاعات منفرد متعددی در داخل حوضه وجود دارد، اما بلندترین ارتفاع حوضه در منتهی‌الیه مرز شمال غربی آن، بر روی قله بزداغ، به ارتفاع ۳۶۰۵ متر و پست‌ترین ارتفاع، در نقطه خروجی حوضه، به ارتفاع ۱۰۴۳ متر قرار گرفته است. حوضه مذکور، فعالیت زمین‌ساختی متعددی را پشت سر گذارده است. انعکاس این فعالیت‌ها و رخ داده‌ها، به صورت سیستم‌های مختلف گسلش، درز و شکاف و همچنین وقفه‌های مهم چینه‌شناسی و فرسایش بعد از آن مشخص می‌باشد (آل‌کثیر، ۱۳۷۴: ۵۸). از نظر نوع و سن رسوبات واحدهای سنگی و روند عمومی عناصر ساختاری منطقه، در این حوضه، تنوع خاصی به چشم می‌خورد. سطوح چینه‌ای پراکنده در این حوضه، انواع رخساره‌های سنگی و رسوبی پره کامبرین، پالئوزوئیک تا کواترنر را شامل می‌شود. این تنوع در ویژگی‌های سطحی و همچنین در نوع حرکات توده‌ای نیز منعکس شده است. واحدهای آندزیتی، جوان‌ترین سنگ‌های آتشفشانی حوضه محسوب می‌شود که سنی معادل پلئستوسن دارند. سنگ‌های این واحد بیشتر از جنس آندزیت، بازالت و برش‌های ولکانیکی است. سنگ‌های مذکور، بیشتر در بالادست حوضه برونزد نموده‌اند.



شکل (۱) موقعیت جغرافیائی حوضه قرنوچای

داسیت و آندزیت‌های دوران چهارم، مرتفع‌ترین بخش‌های حوضه را تشکیل داده‌اند. اما محدوده گسترش آنها در مقایسه با گدازه‌های میوسن، بسیار محدودتر است. این گدازه‌ها، همراه با سنگ‌های پیرو کلاستیک، بخش اعظم قسمت‌های بالادست حوضه را تشکیل داده‌اند. در این قسمت، اغلب دامنه‌ها از نظر وقوع لغزش‌ها، از ثبات نسبی برخوردار هستند (شکل ۲).



راهنما:

شکل (۲) نقشه واحدهای سنگی حوضه قرقوچای

خاکسترهای آتشفشانی، از جمله گسترده‌ترین واحدهای سطحی هستند که در بخش بالادست گسترده شده‌اند. فرسایش این واحدها از کناره دیواره دره‌ها و سرازیری آنها به داخل دره‌ها و ورود آنها به آبراهه‌ها، به افزایش بار رسوبی رودخانه‌ها منجر می‌شود. مارن‌ها عمدتاً در بخش‌های میانی حوضه و به صورت محدود، در دیگر بخش‌های حوضه گسترده شده‌اند. کنگلومرا، مارن و سنگ‌های سیلتی مربوط به میوسن واقع در بخش‌های میانی حوضه به لحاظ این که فرسایش‌پذیر هستند، دره‌های پهن و دشت‌های سیلابی گسترده‌ای را تشکیل داده‌اند.

طبق آمار و اطلاعات هواشناسی منطقه شمال غرب کشور و سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی^۱، ۸۵/۷ درصد بارندگی‌های منطقه طی ماه‌های آبان تا اواخر اردیبهشت به وقوع می‌پیوندد و تقریباً تمامی داده‌های ثبت شده در اکثر ایستگاه‌های واقع در حوضه، بیشترین بارندگی را در ماه‌های فروردین و اردیبهشت نشان می‌دهند و رژیم بارندگی نیز از نوع بارندگی مدیترانه‌ای می‌باشد.

به طور متوسط، ۳/۴ درصد بارندگی‌ها، در فصل تابستان اتفاق می‌افتد. متوسط بارندگی کل حوضه ۴۰۳/۷ میلی‌متر برآورد شده است. از این میزان، به طور متوسط ۳۳۲/۶ میلی‌متر تبخیر می‌شود. به عبارتی، حجم آب خروجی از حوضه، ۲۵۰/۴ میلیون متر مکعب برآورد شده است (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۵ ص ۸۲). ماه‌های مرطوب از اوایل مهرماه تا اواخر اردیبهشت ماه و بقیه ماه‌های سال خشک هستند. بنابراین دامنه‌های حوضه نیز در ماه‌های مرطوب سال به لحاظ تحریک آب‌های جاری و خیس شدن مواد دامنه‌ای، در ناپایدارترین شرایط قرار دارند. میزان

۱- برای شهر میانه از اطلاعات سازمان هواشناسی و برای ایستگاه‌های داخل حوضه و هشتگرد، از آمارهای سازمان آب مربوط به سال‌های ۱۳۵۸ تا ۱۳۸۰ استفاده شده است.

بارندگی سالانه و حجم بارش حوضه به ترتیب $403/7$ میلی‌متر و $1450/2$ میلیون متر مکعب برآورد شده که 60 درصد این میزان، در 6 ماه اول سال آبی می‌بارد (بیاتی خطیبی، 1385 ص 83).

مواد و روش‌ها

پدیده لغزش، نتیجه عملکرد چندین عامل و همچنین حاصل تأثیر متقابل آنها بر یکدیگر است. جنس زمین، کاربری اراضی، میزان بارندگی و نوع و زمان بارش، گسل، خطوط ارتباطی و زهکشی از جمله عواملی هستند که بر وقوع این پدیده تأثیر می‌گذارند (کوراپ^۱، 2004 ، ص 60 ؛ دایموند^۲، 2005 ، ص 75 ؛ چانگ و همکاران^۳، 2005 ، ص 438 ؛ کلارستگي^۴، 2003 ، ص 121) و باید در بررسی آنها مد نظر قرار گیرند (جدول ۱). اما اکثر این عوامل، کیفی هستند و با معیارهای کمی قابل سنجش نیستند. بنابراین، باید تبدیل به مقادیر کمی گردند. این کمی‌سازی، با روش‌های مختلف و عمدتاً با وزندهی صورت می‌گیرد. اما قبل از وزندهی، باید بعضی از نقشه‌های مورد نیاز تهیه و سپس عمل وزندهی به عوامل، در کنار کلیه عوامل، صورت گیرد. به منظور پهنه‌بندی مناطق مستعد به وقوع لغزش در حوضه قرنقوچای، 9 عامل (به عنوان عوامل تأثیرگذار احتمالی)، به عنوان عوامل مؤثر در وقوع پدیده مذکور، مدنظر قرار گرفته‌اند، و این 9 عامل ابتدا به صورت نقشه مجزا تهیه و سپس رقومی شده‌اند. برخی از نقشه‌های مورد نیاز، از روی نقشه‌های زمین‌شناسی ($1:100000$) و توپوگرافی ($1:50000$) ایشان، دهناب،

1 -Korap
2 -Daymond
3 -Chang et al.,
4 -Kelarestaghi

آسایش، بلوک‌آباد، هشت‌رود، پسیک قره‌آعاج، شهنواز وسطی، شیرن‌کند، مربوط به سازمان جغرافیای کشور) با عنوان نقشه‌های شبکه زهکشی و شبکه ارتباطی (جاده‌ها) و پراکندگی گسل‌های منطقه، تهیه شده است و نقشه‌های شیب، نقشه بارندگی، کاربری، واحدهای سنگ‌شناسی و نقشه ژئومورفولوژی، از تلفیق اطلاعات حاصل از پیمایش‌های میدانی، عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای، تهیه و سپس رقومی شده‌اند.

برای تهیه نقشه شیب، از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. ابتدا خطوط ارتفاعی ۱۰۰ متری به نرم‌افزار Arc View منتقل و سپس رقومی شده‌اند و به این ترتیب، نقشه شیب تهیه شده است. برای تهیه نقشه‌های بارندگی، از رابطه خطی ($P=100+0.18H$) بین بارندگی و ارتفاع که برای حوضه به دست آمده، استفاده شده و نقاط ارتفاعی در سطح حوضه انتخاب و مقادیر محاسبه شده به این نقاط منتقل و برحسب ارقام واقعی موجود حاصل از سنجش در ایستگاه‌های باران سنجی و ارقام محاسبه شده، نقشه‌های بارندگی (سالانه و ماهانه) ترسیم شده است. نقشه کاربری اراضی منطقه، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM ۲۰۰۲ و اطلاعات حاصل از بازدیدهای میدانی، تهیه و سپس رقومی شده است. برای تهیه نقشه پراکندگی لغزش‌ها، از نقشه‌های زمین‌شناسی، عکس‌های هوایی (۱:۵۵۰۰۰) و اطلاعات حاصل از پیمایش‌های میدانی، استفاده شده و سپس نقشه‌های تهیه شده، رقومی شده‌اند. بعد از رقومی نمودن تمامی نقشه‌های مورد نیاز و تهیه پایگاه اطلاعاتی، عامل مورد نظر در رابطه با پراکندگی لغزش‌ها، با استفاده از رابطه (۱)

مورد تجزیه و تحلیل واقع شده (گینوا و همکاران^۱، ۲۰۰۵ ص ۳۲۴) و به این ترتیب، تراکم لغزش‌های منطقه در روی یک واحد ویژه نیز مشخص شده است.

$$D=1000*Npix(sxi)/Npxi(xi) \quad (۱)$$

در این رابطه: D = تراکم هر متغیر

$Npix(sxi)$ = تعداد پیکسل‌های دارای حرکات توده‌ای در داخل هر طبقه متغیر X_i

$Npxi(xi)$ = تعداد پیکسل‌های هر طبقه متغیر X_i

برای وزن‌دهی به عوامل و تهیه نقشه نهائی پهنه‌بندی خطر وقوع لغزش، نقشه پراکندگی لغزش‌ها بر روی نقشه عامل (به عنوان مثال نقشه واحدهای سنگ‌شناسی) قرار داده شده‌اند. بعداز کلاس‌بندی واحدهای مختلف (ID) که برحسب تغییر در میزان متغیر صورت گرفت است، در نقشه مورد نظر (به عنوان مثال نقشه لیتولوژی یا واحدهای سنگ‌شناسی)، تعداد پیکسل‌های هر کلاس (پیکسل‌های ۵۰ در ۵۰ متری) و در مرحله بعدی، تعداد پیکسل‌های محدوده پراکنش لغزش‌ها بر روی کلاس مذکور، شمارش شده و با استفاده از تعداد پیکسل‌های مذکور، تراکم لغزش‌ها (D)، برحسب رابطه تحلیل دو متغیره (رابطه ۱) محاسبه گردیده است (جدول ۲). بعد از محاسبه تراکم (با استفاده از رابطه ۱)، ارقام حاصل از محاسبه میزان تراکم لغزش‌ها بر روی واحدهای ویژه^۲، نرمال شده‌اند. برای محدوده‌هایی که تراکمی وجود نداشته (عدم وجود پراکندگی لغزش‌ها بر روی واحد ویژه)، واریانس محاسبه شده است و ارقام واریانس، به عنوان وزن واحد ویژه در نظر

1 - Guinau, et al.,

۱- منظور از واحد ویژه، نوع واحد مد نظر در بین واحدهای مختلف در یک لایه انتخابی است. به عنوان مثال، در بین واحدهای مختلف (کشت دیم، آبی، مرتع و...) واحد کشت دیم در یک لایه کاربری.

گرفته شده‌اند. بعد از طی مراحل مذکور، وزندهی به عوامل، به عنوان مهم‌ترین مرحله از روش، با استفاده از رابطه ۲ (گینواو و همکاران، ۲۰۰۵: ۳۱۸) صورت گرفته است (جدول ۲).

$$\text{رابطه ۲)} \quad W=1000 * N_{pix}(sxi) / N_{pxi}(xi) - \Sigma 1000 N_{pix}(sxi) / \Sigma N_{pxi}(xi)$$

جدول (۱) عوامل مورد استفاده در پهنه‌بندی و آماره‌های عوامل دخیل در وقوع لغزش‌های

حوضه قرتقوچای

عامل	واحد	تعداد	دامنه تغییرات	حداقل اعداد	حداکثر اعداد	انحراف استاندارد	واریانس	چولگی	کشیدگی	تراکم
لیتولوژی	خاکسترهای آتشفشانی	۸	۰,۰۹	۰	۰,۰۹	۳	۹,۱	۱,۷	۳,۳	۰,۰۹
کاربری	کشت آبی	۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۵	۱,۲۵	۱,۵	-۰,۳	۰	۰,۱۳
شیب	۱۶-۸	۸	۰,۰۴	۰	۰,۰۴	۱,۶۹	۲,۸	۰,۰۰۱	-۲,۱	۰,۰۴
بارش	۲۵۳-۲۲۶	۹	۰,۰۷	۰,۰۱	۰,۰۸	۲,۴	۵,۸	۰,۴۲	-۰,۱۵	۱,۷
ژئومورفولوژی	لغزش‌های قدیمی	۸	۰,۹	۰	۰,۹	۰,۲۹	۸,۶	۲,۷	۷,۵	۲,۴۴
گسل	بافر ۵۰ متری	۳	۰	۰,۰۶	۰,۰۶	۰	۰	۰	۰	۱,۱۴
آبراهه‌ها	"	۳	۰	۰,۰۴	۰,۰۴	۰	۰	۰	۰	۰,۵
روستا	"	۳	۰,۹	۰,۰۴	۰,۹	۰,۵	۰,۲۶	۱,۷	۰	۰,۰۵
جاده	"	۳	۰,۰۱	۰,۰۴	۰,۵	۳,۳	۳,۳	-۱,۷	۰	۰,۸

جدول (۲) میزان تراکم لغزش‌ها بر روی واحدهای مختلف و وزن‌های محاسبه شده (در این جدول x میانگین؛ S, D انحراف معیار و v واریانس است) عامل لیتولوژی یا واحدای سنگ‌شناسی

واحد	ID	Npxi(xi)	Npix(sxi)	D	D.A		W	
داسیت-آندزیت	۱	۱۶۸۷۳۸	۰	۰	۰,۰۰۱۰۲۴۴۷۳	$X =$ $S =$ $V =$	-۰,۶۵۵۸	
خاکسترهای آتشفشانی	۲	۴۰۶۰۳۳	۳۷۱۰۱	۰,۰۹۱۳۷۴	۰,۰۹۱۳۷۴		۲,۱۶۷۹	
کنگلومرای سنگی	۳	۲۰۹۹۳۶	۶۵۵۶	۰,۰۳۱۲۲۸	۰,۰۳۱۲۲۸		۰,۲۸۸۳	
آبرفت های قدیمی ومواد یخچالی	۴	۱۳۷۷۱۷	۰	۰	۰,۰۰۱۰۲۴۴۲		-۰,۶۵۵۴	
مارن	۵	۱۹۰۸۸۱	۳۳۳۱	۰,۰۱۷۴۵۰	۰,۰۱۷۴۵۰۶۶		۰,۰۰۱۰۲۴۴۲	-۰,۱۴۲۱
مارن-ماسه سنگ	۶	۵۷۸۳۶	۲۲۳۷	۰,۰۳۸۶۷۳	۰,۰۳۸۶۷۳۱		۰,۵۲۱۰۴	
آهک	۷	۷۲۷۴۳	۰	۰	۰,۰۰۱۰۲۴۴۲		-۰,۶۵۵۴	
شیل	۸	۴۷۸۳۲	۰	۰	۰,۰۰۱۰۲۴۴۲		-۰,۶۵۵۴	

عامل کاربری

واحد	ID	Npxi(xi)	Npix(sxi)	D	D.A	X =	W
کشت آبی	۱	۲۵۸۰۵۹	۱۴۳۱۹	۰,۰۵۵۴۸۷۳	۰,۰۵۵۴۸۷۳	۰,۰۳۹۸	۰,۱۳۲۸
کشت دیم	۲	۷۶۹۳۵۹	۳۰۱۲۲	۰,۰۳۹۱۵۲۰۷۳	۰,۰۳۹۱۵۲۰۷۳	۰,۱۱۸۹۶۶	-۰,۹۳۲۲
مرتع	۳	۲۶۴۴۶۴	۶۶۸۸	۰,۰۲۵۲۸۸۸۱۶	۰,۰۲۵۲۸۸۸۱۶	V = ۰,۰۱۵۲۹	-۰,۱۳۳۰۵

عامل شیب

واحد	ID	Npxi(xi)	Npix(sxi)	D	D.A		W	
۸ و کمتر از درجه	۱	۱۰۴۷۴۵۰	۴۲۹۴۴	۰,۰۴۰۹۹۸۶	۰,۰۴۰۹۹۸۶	$X =$ $S =$ $V =$	۳,۴۵۳۷۰۰۶	
۸-۱۶	۲	۱۵۳۸۷۲	۵۷۰۴	۰,۰۳۷۰۶۹	۰,۰۳۷۰۶۹		۲,۸۰۵۰۸	
۱۶-۲۴	۳	۵۹۲۴۰	۱۵۷۲	۰,۰۲۶۵۳۶	۰,۰۲۶۵۳۶		۰,۹۸۱۳۶۳۹	
۲۴-۳۲	۴	۲۲۰۱۵	۷۹۶	۰,۰۳۶۱۵۷۱	۰,۰۳۶۱۵۷۱		۲,۶۵۴۷۳	
۳۲-۴۰	۵	۵۶۵۷	۷۲	۰,۰۱۲۷۵۹۴	۰,۰۱۲۷۵۹۴		۰,۰۶۰۵۸۴	-۱,۲۰۷۴
۴۰-۴۸	۶	۱۱۳۱	۸	۰,۰۰۷۰۷۳	۰,۰۰۷۰۷۳		۰,۰۰۲۹۳۶	-۲,۱۴۶
۴۸-۵۵	۷	۲۴۹	۰	۰	۰,۰۰۰۲۹۳۶		۰,۰۰۰۲۹	۰,۰۰۰۲۹
۵۵ و بیشتر از ۵۵	۸	۶۷	۰	۰	۰,۰۰۰۲۹۳۶		۰,۰۰۰۲۹	۰,۰۰۰۲۹

ادامه جدول ۲

عامل ژئومورفولوژی

واحد	ID	Npxi(xi)	Npix(sxi)	D	D.A		W
برونزدهای سنگی	۱	۲۱۶۸۱	۶۴۹	۰,۰۲۲۰۱۸	۰,۰۰۳۵۱۵۱۸	$X = ۰,۱۴۶$ $S = ۰,۳۲۶$ $V = ۲,۰۱۰۴$	-۰,۴۳۷۰۷
دشت	۲	۱۴۸۵۴	۰	۰	۰,۱۰۵۹۱۸		-۰,۱۲۲۹
دشت های میانکوهی	۳	۳۱۵۱۴۰	۲۵۸۲۷	۰,۰۲۱۴۹۸	۰,۰۸۱۹۵۴۰		-۰,۱۹۶
لغزش های قدیمی	۴	۸۰۹۸	۷۶۴۶	۰,۱۰۴۳۴۶	۰,۹۴۴۱۸۳۷		۲,۴۴۸۴
تپه های ماسه ای	۵	۶۴۶۵۳	۰	۰,۰۰۱۲۶۸۳	۰,۱۰۵۹۱۸		-۰,۱۲۲۹۵
تپه های منظم پوشیده از مواد تخریبی	۶	۵۳۴۴۲۷۳	۱۲۹۹۲	۰,۰۰۲۶۱۵۱۳	۰,۰۲۴۳۰۱۳		-۰,۳۷۳۳
تراس های آبرفتی	۷	۳۵۸۳۲	۴۰۰۹	۰,۰۳۵۶۱۰۶	۰,۱۱۱۸۱۳۲۳۲		-۰,۱۰۴۶۶
دامنه های نامنظم پوشیده از مواد تخریبی	۸	۱۰۶۷۳۶	۰	۰,۰۰۸۷۵۰۵۶	۰,۱۰۵۹۱۸		-۰,۱۲۲۹

عامل بارش ماهانه

واحد	ID	Npxi(xi)	Npix(sxi)	D	D.A		W
کمتر از ۱۷۱	۱	۳۷۶۲۶	۰	۰	۰,۰۰۶۷۵۹	$X = ۰,۶۳۳۴۴۰$ $S = ۰,۰۲۵۹۸$ $V = ۰,۰۰۶۷۵۹$	-۱,۰۶۳۹۳
۱۷۱-۱۹۸	۲	۱۰۴۴۱۷	۰	۰	۰,۰۰۶۷۵۹		-۱,۰۶۳۹۳
۱۹۸-۲۲۶	۳	۱۷۷۶۴۱	۵۹۸۴	۰,۰۳۳۶۸۸۵۹	۰,۰۳۶۸۵۹۱۷		۰,۰۹۴۶۵
۲۲۶-۲۵۳	۴	۲۲۳۱۲۲	۱۸۰۴۴	۰,۰۸۰۸۷۰۵۵	۰,۰۸۰۸۷۰۵۵		۱,۷۸۸۶
۲۵۳-۹۸۰	۵	۱۴۶۱۷۲	۷۷۴۸	۰,۰۵۳۰۰۶۰۴۸	۰,۰۵۳۰۰۶۰۴۷		۰,۷۱۶۱۶
۹۸۰-۳۰۸	۶	۱۱۸۵۴۳	۵۰۴۴	۰,۰۴۲۵۴۹۹	۰,۰۴۲۵۴۹۹۶		۰,۳۱۳۶
۳۰۸-۳۳۵	۷	۱۰۰۳۳۷	۵۰۴۰	۰,۰۵۰۲۳۰۷	۰,۰۵۲۳۰۷		۰,۶۱۳۵۹
۳۳۵-۳۶۳	۸	۲۳۷۱۲۷	۵۱۰۴	۰,۰۲۱۵۲۴۳۳	۰,۰۲۱۵۲۴۳۳		-۰,۴۹۵۶
بیشتر از ۳۹۰	۹	۱۴۶۸۴۹	۴۰۶۸	۰,۰۲۷۷۰۱۹۲۵	۰,۰۲۷۷۰۱۹۲۵		-۰,۲۵۷۸

عامل گسل

بافر (به متر)	ID	Npxi(xi)	Npix(sxi)	D	W	
۵۰	۱	۶۸۹۰	۴۴۱	۰,۰۶۴۸۷	۱,۱۴۱۹	$X = ۰,۰۵۰۱۳$ $S = ۰,۰۰۱۵۵$
۱۰۰	۲	۱۳۶۹۷	۴۴۸	۰,۰۶۵۸۱	۰,۹۳۵۴	
۱۵۰	۳	۲۰۵۹۱	۴۴۸	۰,۰۶۴۹۸	۰,۹۸۵۱	

عامل شبکه زهکشی

بافر(به متر)	ID	Npix(xi)	Npix(sxi)	D	W	X= ۰,۰۴۶۳۰ S= ۰,۰۰۲۸۶
۵۰	۱	۱۰۶۲۶	۵۰۸	۰,۰۴۷۸۱	۰,۰۵۲۷۹	
۱۰۰	۲	۱۰۶۲۸	۴۵۷	۰,۰۴۳۰۰	-۱,۱۵۱۳	
۱۵۰	۳	۱۰۵۸۳	۵۰۹	۰,۰۴۸۰۹	۰,۰۴۵۲	

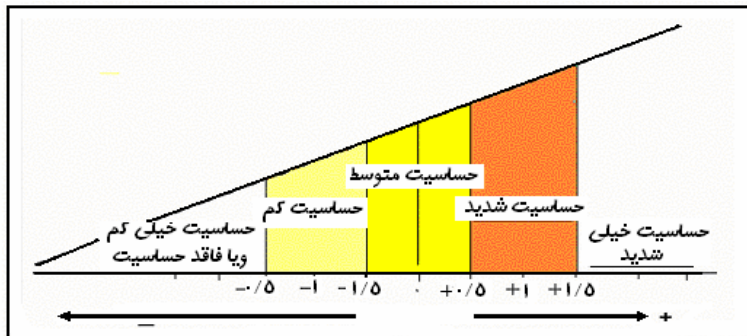
عامل پراکندگی سکونتگاه‌ها

بافر(به متر)	ID	Npix(xi)	Npix(sxi)	D	W	X= ۰,۰۴۸۰۳ S= ۰,۰۰۴۶۳
۵۰	۱	۱۱۳۰۹	۴۸۹	۰,۰۴۳۲۳۹	-۱,۰۳۴۷	
۱۰۰	۲	۱۳۰۲۳	۶۳۰	۰,۰۴۸۳۷	۰,۰۷۳۴	
۱۵۰	۳	۱۴۷۰۹	۷۷۲	۰,۰۵۲۴۸۴	۰,۰۹۸۲	

عامل شبکه ارتباطی (جاده)

بافر(به متر)	ID	Npix(xi)	Npix(sxi)	D	W	X= ۰,۰۰۱۳ S= ۰,۰۰۱۵۵
۵۰	۱	۳۵۷۹۱	۱۷۳۲	۰,۰۴۸۳۹	-۱,۱۲۲۵	
۱۰۰	۲	۳۵۵۴۴	۱۸۲۸	۰,۰۵۱۳۷۲	۰,۸۰۱۲۹	
۱۵۰	۳	۳۵۳۹۱	۱۷۹۲	۰,۰۵۰۶۳	۰,۳۲۲۵	

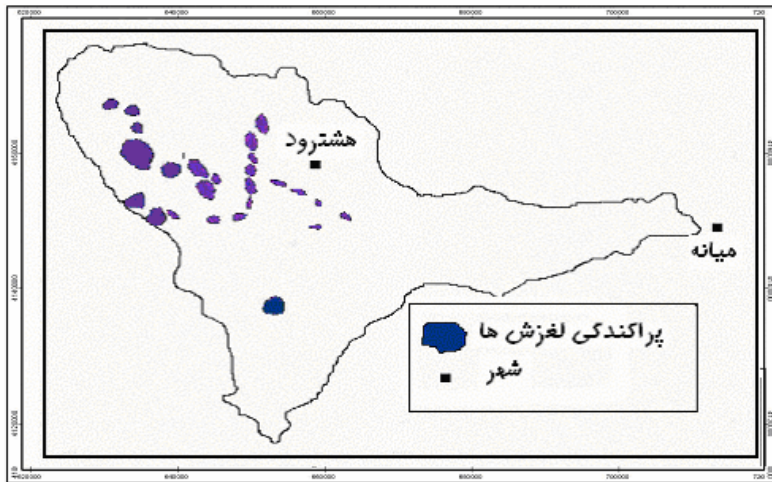
محدوده خطر وقوع حرکات توده‌ای در کنار اشکال خطی، مانند خطوط شبکه ارتباطی وزهکشی، گسل‌ها و همچنین مراکز مسکونی، براساس بافرهای ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ متری - که تأثیر عامل ویژه در پراکندگی لغزش‌ها در چنین محدوده‌هایی معنی‌دار باشد، تعیین و براساس پراکندگی لغزش‌ها در این محدوده‌ها، وزن‌دهی براساس مراحل که قبلاً ذکر شده، صورت گرفته است. بعد از وزن‌دهی به کلیه عوامل (به ترتیب فوق)، نقشه پهنه‌بندی، میزان حساسیت بخش‌های مختلف منطقه به وقوع لغزش‌ها، در طی ۵ طبقه حساسیت (با تعیین به صورت شکل ۳)، به دست آمده و در نهایت نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش ترسیم شده است (شکل ۸).



شکل (۳) تعیین طبقه حساسیت بخش‌های مختلف حوضه برای زمین لغزش براساس ارقام وزن (کلرسی، ۲۰۰۲: ۱۱ و بی شاب ۱۹۹۱: ۲۰).

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به پراکندگی لغزش‌ها (با تکیه بر تمامی مستندات و شکل ۴) و با توجه به نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش (شکل ۸)، اغلب لغزش‌ها در کناره دره‌های متشکل از خاکسترهای آتشفشانی که بر سطوح آنها خاک‌های نسبتاً عمیق نیز تشکیل یافته‌اند، رخ داده‌اند. در چنین محدوده‌هایی به طور مکرر لغزش‌های چرخشی بزرگ رخ داده است و گاه بر روی لغزش‌های قدیمی، لغزش‌های جدید و نسبتاً جدیدی نیز بوقوع پیوسته است (شکل ۵). محدوده‌های مذکور در نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش (واقع در قسمت‌های میانی حوضه)، در محدوده‌هایی با حساسیت بالا قرار گرفته‌اند (شکل ۸).



شکل (۴) پراکندگی لغزش‌ها در حوضه قرنقوچای

در بخش‌های بالادست حوضه که توف‌ها بیشتر پراکنده شده‌اند (در جدول ۲، و در لایه لیتولوژی، در قالب خاکسترهای آتشفشانی محدوده‌بندی شده‌اند) و در بخش‌هایی از حوضه که توسط دره‌های نسبتاً عمیق بریده شده، لغزش‌هایی به انواع مختلف و با ابعاد متنوع رخ داده‌اند، اما در سطوح خاک‌هایی با ضخامت کم که بر روی توف‌ها تشکیل یافته‌اند، لغزش‌های رخ داده عمدتاً از نوع لغزش‌های سطحی، اما با گستره زیاد هستند. در حوضه قرنقوچای لغزش‌های بزرگی نیز بر روی مارن‌هایی که بر روی کنگلومراها قرار گرفته‌اند، رخ داده‌اند. استعداد سازندهای مذکور (با حضور آب) به جابه‌جائی به طرف پایین دامنه، در اثر اشباع با آب در سطوح دامنه‌ها (در اثر ذوب برف و یا بارش‌های بهاری) و همچنین در مواردی، در اثر برش پای دامنه توسط رودخانه، باعث شده است که لغزش‌های چرخشی بزرگی در روی این سازندها رخ دهد. در نقشه پهنه‌بندی، محدودهای

واقع در گستره این سازندها، در محدوده‌های با خطر بالا قرار گرفته‌اند. محدوده‌های مذکور در نقشه پهنه‌بندی، در شمال غرب حوضه واقع شده‌اند. و هر چند که مقادیر دقیقی از نقش و سهم لغزش‌ها در افزایش بار رسوبی رودخانه در محدوده مورد مطالعه وجود ندارد اما با تکیه بر مشاهدات میدانی می‌توان گفت که وقوع این لغزش‌ها در افزایش بار رسوبی رودخانه‌ها، نقش مهمی ایفا می‌کنند.

وقوع لغزش‌ها در روی بقایای یخچالی (در جدول ۲، در لایه لیتولوژی در محدوده آبرفت‌های قدیمی محدوده‌بندی شده‌اند) که از قسمت بالادست حوضه، توسط رودخانه‌ها شسته شده و در بخش‌های میانی حوضه و در نزدیکی سد سهند نهشته شده‌اند، به وفور ملاحظه می‌شود. مواد سطحی دامنه‌های متشکل از این سازندها، با برش از پاشنه توسط رودخانه و یا ایجاد ترانشه برای احداث جاده، به پایین و به سطح دشت‌های سیلابی لغزیده‌اند. مواد لغزشی حاصل از وقوع این نوع از لغزش‌ها، دانه درشت بوده و به هنگام فراوانی رطوبت در پایین و در سطح دامنه‌ها، حرکت از نوع لغزش و در صورت خشک بودن دامنه‌ها حرکت، از نوع ریزشی بوده است.



شکل (۵) وقوع لغزش‌های جدید و نسبتاً جدید بر روی لغزش‌های قدیمی در یکی از دره‌های فرعی قرنقوچای در روی دامنه‌های متشکل از خاکسترهای آتشفشانی

بر پایه اندازه‌گیری‌های انجام شده از روی نقشه‌های ترسیمی، مجموعه پهنه‌های لغزشی در حوضه، به بیش از ۸۲ کیلومتر مربع می‌رسد که معادل ۲/۳ درصد از کل مساحت حوضه را شامل می‌شود. اگر محدوده‌های حساس به لغزش نیز به آن اضافه شود، این میزان به ۱۰ درصد از کل مساحت حوضه می‌رسد. در محدوده‌های حساس به وقوع لغزش، لغزش‌های قدیمی نیز مشهود هستند که بعضاً در حال حاضر نیز فعال هستند و یا در سطح آنها لغزش‌های جدید هم اتفاق می‌افتد.

بررسی محل وقوع لغزش‌ها، حاکی از وقوع لغزش‌های قدیمی، به ویژه لغزش‌های قدیمی در امتداد گسل‌ها است. در این مورد می‌توان به لغزش‌های واقع شده در نزدیکی روستای مجیدآباد واقع در شمال غرب حوضه قرنقو اشاره نمود. توسعه این اشکال لغزشی و اشکال لغزشی پراکنده در بخش‌های مختلف، به ویژه در اطراف گسل‌ها، ثابت‌کننده نقش حضور گسل‌ها در وقوع لغزش و همچنین حرکات تکتونیکی در حوضه است. به همین دلیل و همچنین به دلیل پراکندگی

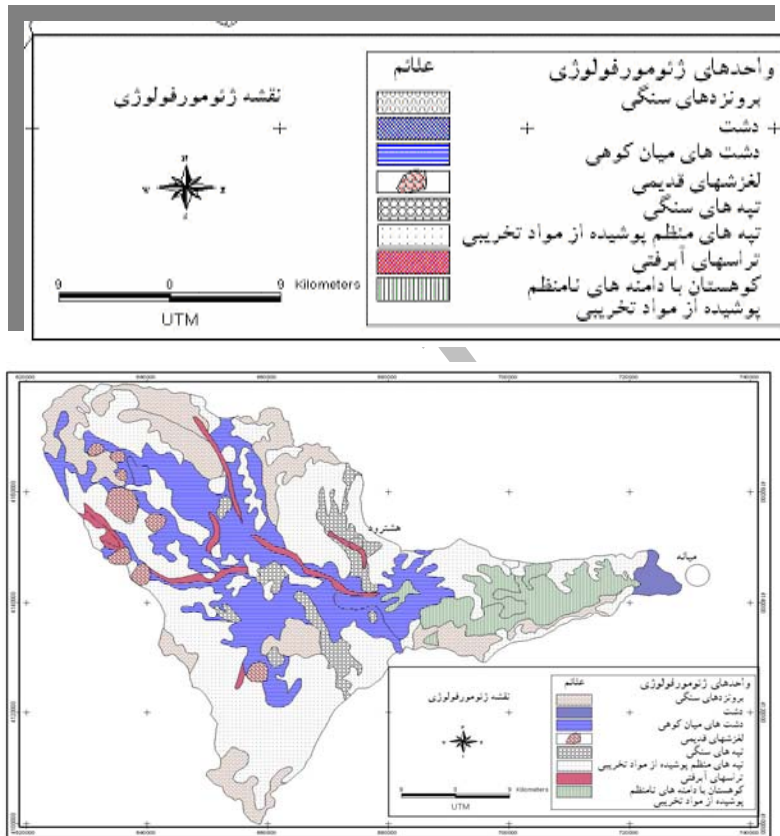
بعضی از لغزش‌ها در محدوده کشیدگی گسل‌ها، این محدوده‌ها به عنوان محدوده‌هایی با خطر متوسط و در مواردی با خطر زیاد قرار گرفته‌اند (بخش‌های میانی حوضه در روی نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش).

جدول (۳) درصد محدوده‌های تحت اشغال طبقات مختلف حساسیت نسبت به وقوع لغزش

میزان حساسیت	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
درصد محدوده	۱,۳	۲۵	۳۷	۲۲,۲	۱۴,۵

به طور کلی می‌توان گفت که در محدوده‌هایی از منطقه که به عنوان مناطق حساس به وقوع لغزش در حوضه قرنقو تعیین شده‌اند، غالباً از نظر زمین‌شناسی، از سازندهای حساس به وقوع لغزش (عمدتاً مارن‌ها، خاکسترهای آتشفشانی و سایر رخساره‌های رسوبی) تشکیل شده‌اند (شکل ۸ و ۷ و ۶ و ۹) که اکثراً بستر تشکیل آنها دارای شیب تند می‌باشد. مشاهدات میدانی نیز تأییدکننده این موارد است. این لغزش‌ها غالباً در محدوده ارتفاعی بیش از ۲۰۰۰ متری واقع شده‌اند و میزان بارندگی آنها نیز بیش از ۳۰۰ میلی‌متر در سال و بیش از ۱۰۰ میلی‌متر در فصل بهار است. بخش اعظم نزولات در این محدوده‌ها، به صورت برف است که با توجه به دمای این مناطق، مدت زمان ماندگاری برف هم زیاد می‌باشد. همین امر، باعث اشباع سازندهای سطحی شده و در نهایت موجب وقوع لغزش‌های کوچک و بزرگ در سطح آنها می‌شود. برطبق بررسی‌های میدانی صورت گرفته و مشاهده نقشه‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی (شکل ۶) می‌توان نتیجه‌گیری نمود که، بیشترین پهنه‌های لغزشی در حوضه، صرف‌نظر از ژنز و منشأ ایجاد آنها، بر روی مارن‌ها، خاکسترهای آتشفشانی و توف‌ها رخ داده است. بر پایه اندازه‌گیری‌های

انجام گرفته، مجموع مساحت پهنه‌های بسیار حساس به بیش از ۱۰ کیلومتر مربع می‌رسد که ۱۴,۵ درصد از کل حوضه را در بر می‌گیرد.

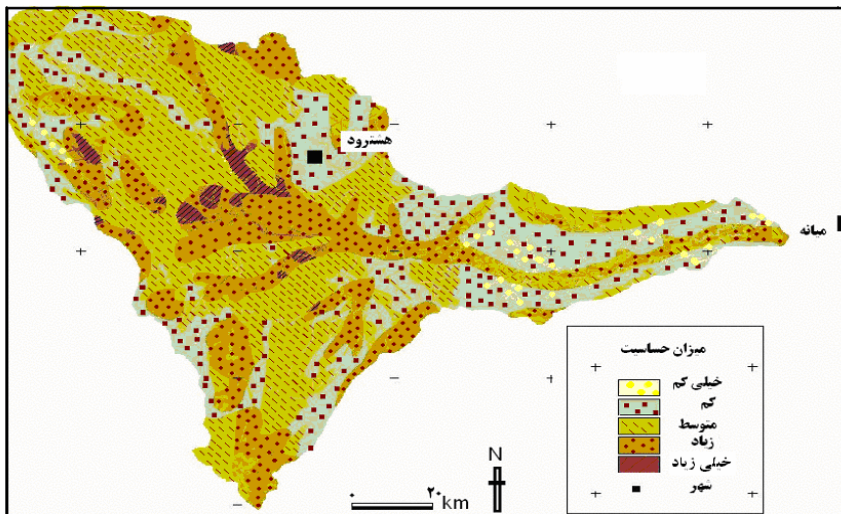
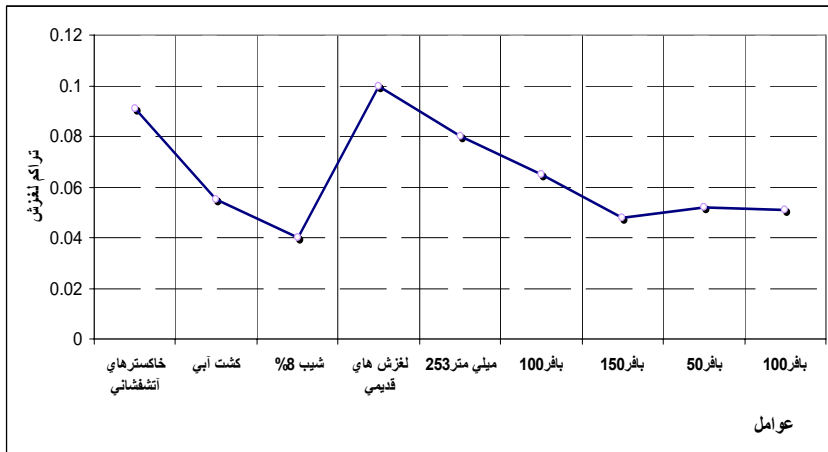


شکل (۴) نقشه ژئومورفولوژی حوضه قرنقوجای

مناطق حساس به وقوع لغزش در محدوده‌های میانی حوضه و درست در بخش‌های بالادست سد سهند قرار گرفته‌اند، موقعیت مناطق حساس به وقوع لغزش‌ها اهمیت توجه به این محدوده‌ها را از نظر مدیریت مناسب شیب‌ها و عدم

دستکاری‌های نامتناسب دامنه‌ها را بیش از پیش جلوه‌گر می‌سازد. وجود تأسیسات در این محدوده از حوضه، از جمله احداث سد، می‌تواند عواقب وقوع لغزش را از نظر افزایش میزان رسوب رودخانه و نهشته شدن آنها در پشت سد وخیم‌تر سازد. حوضه قرنقوچای، به عنوان رسوب‌زاترین زیرحوضه قزل‌اوزن که اخیراً سدی نیز در بخش‌های میانی حوضه بر روی رودخانه بسته شده است، به مدیریت مناسب شیب‌ها، با توجه به ویژگی‌های سازندهای سطحی نیاز دارد و این مدیریت باید با توجه به محدوده‌بندی میزان حساسیت به وقوع انواع حرکات توده‌ای و با عنایت به میزان دخالت عامل ویژه در وقوع پدیده یاد شده صورت گیرد.

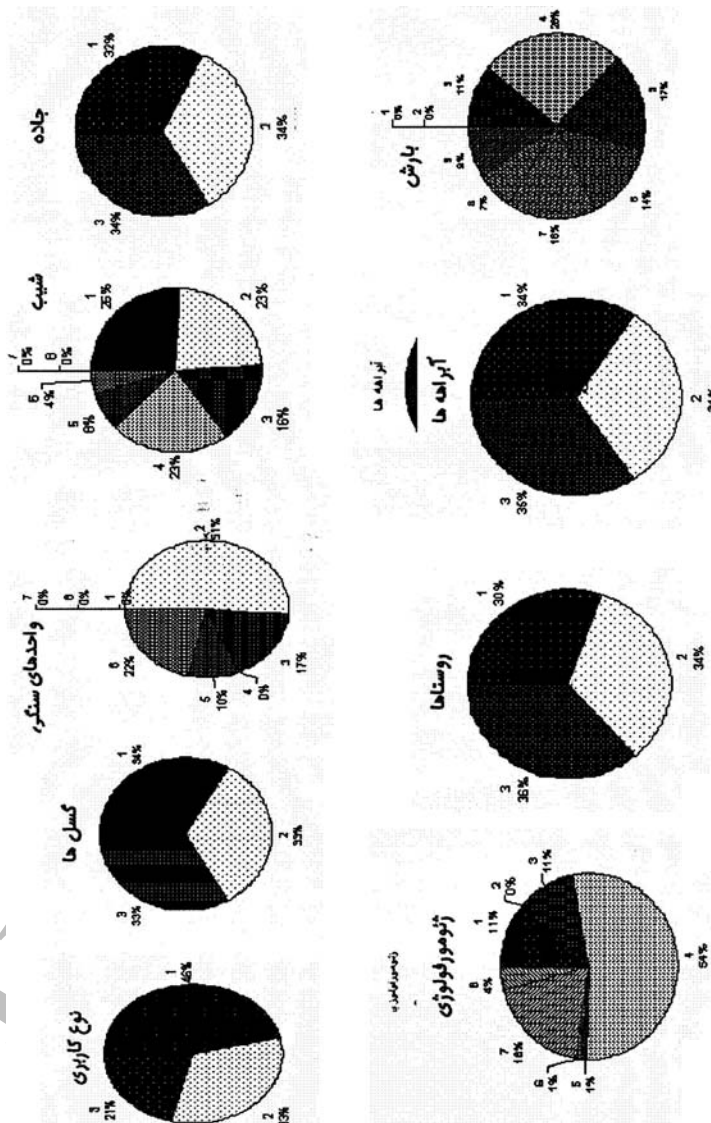
در حوضه قرنقوچای با توجه به این که اغلب دیواره دره‌های منتهی به رودخانه اصلی بی‌ثبات هستند و مواد ناشی از وقوع لغزش مستقیماً به آب‌های جاری وارد می‌گردند، و اغلب محدوده‌های با حساسیت به وقوع لغزش در نزدیکی تأسیسات انسانی و مهم‌تر از همه در بالادست سد سهند قرار گرفته‌اند، بی‌ثباتی دامنه‌ها را به اساسی‌ترین معضل حوضه تبدیل نموده است. اگر میزان رسوبات وارده به رودخانه‌ها، ناشی از دستکاری دامنه‌ها به منظور احداث سد نیز به مواد ناشی از وقوع لغزش‌ها (با علل دیگر، اضافه شود، وضع به مراتب از نظر میزان مواد انباشته شده در پشت سد وخیم‌تر خواهد شد.



شکل (۱) نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش در حوضه قرنقوچای

روستاهای زیادی در حوضه قرنقوچای گسترده شده‌اند که با توجه به محدوده گسترش روستاها و ویژگی‌های بسترهایی که در روی آنها مستقر شده‌اند، می‌توان

این روستاها را از نظر وقوع لغزش‌ها، روستاهای در معرض خطر و یا فاقد خطر، قرار داد. با عنایت به نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش و پراکندگی روستاها در سطح حوضه، می‌توان گفت که بیش از ۷ روستا در محدوده با خطر خیلی بالا نسبت به وقوع لغزش‌ها قرار گرفته‌اند (مانند روستاهای، عزیزکندی، ینگجه، قلعه، قزلجه، قزلو، بیگ‌کندی). مساحت این محدوده طبق محاسبات، ۱۲۳ کیلومتر مربع است که اغلب در بخش‌های میانی حوضه و در حوالی سد سهند گسترده شده‌اند. بیش از ۱۲ روستا، از روستاهای حوضه قرنقو، در محدوده با حساسیت بالا نسبت به وقوع لغزش‌ها قرار گرفته‌اند (مانند روستاهای، عبدالرحمان، بلقان و...). مساحت این محدوده نیز، ۱۳۹۰ کیلومتر مربع است، که اغلب در بخش‌های شمال شرقی گسترده شده‌اند. روستاهای واقع در قسمت‌های جنوبی حوضه، در محدوده با حساسیت متوسط، نسبت به وقوع لغزش قرار گرفته‌اند. مساحت این محدوده، که ۲۱۲ کیلومتر را شامل می‌شود، ۱۰ روستا را در بر می‌گیرد. روستاهای واقع در قسمت‌های شرق و غرب حوضه، در محدوده‌هایی با حساسیت کمتر قرار گرفته‌اند و ۱۹ کیلومتر مربع از مساحت حوضه را شامل می‌شوند. طبق این محاسبات، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که، بیشتر مساحت حوضه، در محدوده‌ای با حساسیت بالا و خیلی بالا قرار گرفته است و با عنایت به واقع شدن روستاهای زیاد در این محدوده‌ها و یا محدوده‌هایی که در بخش‌های مذکور تحت کشت قرار گرفته‌اند، این محدوده‌ها به مدیریت متناسب به ویژگی‌های طبیعی محدوده‌ها نیاز اساسی دارند و باید خطر وقوع لغزش‌ها، چه از نظر خسارات مستقیم وارده و چه از نظر خسارات غیرمستقیم و همچنین از نظر مقادیر رسوبت ورودی به آب‌های جاری، جدی گرفته شود.



شکل (۹) درصد مقادیر پراکندگی لغزش‌ها بر روی کلاس‌های مختلف عوامل انتخابی (شماره‌های هر نمودار مربوط به ID در جدول ۲ می‌باشند)

منابع

- ۱- آدابی، محمدحسین و سیدرضا حرمی (۱۳۷۷)، «نقش لیتولوژی در رانش زمین در شمال شرق خراسان». فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال سیزدهم، شماره ۱۰۱، ۹۰-۵۱.
- ۲- آل‌کثیر، عبدالامیر (۱۳۷۴)، «پژوهش‌های ژئومورفولوژی و هیدرومورفولوژی دامنه شرقی سهند» (حوضه آبریز قرتقوچای - آذربایجان شرقی)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.
- ۳- احمدی، حسن و علی طالبی‌اسفندرانی (۱۳۸۰)، «بررسی عوامل مؤثر در ایجاد حرکات توده‌ای (لغزش): مطالعه موردی، منطقه اردل، استان چهارمحال و بختیاری»، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۴.
- ۴- بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۵)، «تحلیل لغزش و ریزش در حوضه قرتقوچای»، طرح تحقیقاتی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.
- ۵- حق‌شناس، ابراهیم؛ محمدکاظم جعفری و علی کمک‌پناه (۱۳۷۶)، مجموعه مقالات دومین سمینار زمین لغزه و کاهش خسارت‌های آن، وزارت فرهنگ و آموزش عالی، ۱۱۷-۱۳۰.
- ۶- حکیمی، سعید و محسن پورکرمانی (۱۳۷۲)، «زمین لغزش‌ها و مورفولوژی منطقه آسیاب»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۲۹، ۵۶-۷۰.
- ۷- غفوری، محمد و علیرضا عاشوری (۱۳۷۷)، «زمین لغزش به عنوان یکی از بلایای طبیعی در شمال خراسان»، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۵۱، ۱۰۲-۱۲۸.

- ۸- فیض‌نیا، سادات و حسن احمدی (۱۳۸۰)، «پهنه‌بندی خطر زمین لغزش حوضه آبخیز شلمانرود در استان گیلان»، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۳، ۱۸-۳۰.
- ۹- کاربری اراضی منطقه آذربایجان (۱۳۷۲)، وزارت مسکن و شهرسازی.
- 10- Bishop, M.P., Shroder and J., Colby (1998), "Remote Sensing and GIS Technology for Studying Lithospheric Processes in a Mountain Environment", *Geo Carto International*, Vol. 1: 1-46.
- 11- Chang, K.J., A, Taboada and Y.C. Chang (2005), "Geological and Morphological Study of the Jiufengershan Landslide Triggered by the Chi-Chi Taiwan Earthquake", *Geomorphology*, 71: 437-440.
- 12- Clerici, A. (2002), "A Grass GIS Based Shell Script for Landslide Susceptibility Zoning by the Conditional Analysis Method; *Proceedings of the Open Source GIS-grass Users Conference*, Trento, Italy, 11-13, September.
- 13- Derbyshire, F. and X, Meng (1995), "The Landslides Hazard in North China", *Geomorphology*, John Wiley and Sons, Pp, 89-104.
- 14- Dikau, R., A., Garallin and S., Jager (1996), "Databases and GIS for Landslide Research in Europe", *Geomorphology*, Elsevier, Vol. 15: 227-239.
- 15- Dikau and S., Jager (1995), "Landslides Hazard Modeling in New Mexico and Germany", *Geomorphology*, John Wiley and Sons, Pp. 51-66.
- 16- Dymond, J.R., A. Ausseil, J.D., Shepherd and L., Buettner (2005), "Validation of a Region Wide Model of Landslide Susceptibility in the Manawatu-Wanganui Region of New Zealand", *Geomorphology*, 74:70-79.

- 17- Gao, J. (1993), "Identification of Topographic Settings Conductive to Landsliding from DEM in Nelson County Virginia, U.S.A.", *Earth Surface Processes and Landforms*, 18: 579-591.
- 18- Guinau, M., R. Pallas., J.M., Vilaplana (2005), "A Feasible Methodology for Landslide Susceptibility Assessment in Developing Countries: A case-study of NW Nicaragua after Hurricane Mitch", *Engineering Geology*, 80: 316-327.
- 19- Kelarestaghi, A. (2003), "Landslide Hazard Zoning in Shirin Rood Drainage Basin with Using Geographic Information System", *Sari, Iran, Map Asia 2003 Conference*.
- 20- Komac, M (2005), "A Landslide Susceptibility Model Using the Analytical Hierarchy Process Method and Multivariate Statistics in Perialpine Slovenia", *Geomorphology*, 74:17-28.
- 21- Korup, O. (2004), "Landslide-induced River Channel Avulsions in Mountain Catchments of Southwest New Zealand", *Geomorphology*, 63:57-80.

Archive