فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی
سال ۷ (۱۳۹۰)، شماره ۱: ۵۲-۴۱
www.appliedgeology.ir
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد زاهدان

ارزیابی عوامل و ارائه‌ی راهکار جهت تثبیت زمین لغزش در منطقه پادنای سمیرم

علیرضا عنایتی‌مقدم*[1]، اکبر قاضی فرد[1]، همایون صفایی[1] و کورش شیرانی[2]

۱) گروه زمین شناسی دانشکده علوم دانشگاه اصفهان، enayati1385@yahoo.com

۲) گروه جغرافیا دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه اصفهان

*) عهده‌دار مکاتبات

تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۵ ؛ تاریخ دریافت اصلاح شده: ۸۹/۱۲/۱۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۲/۱۴ ؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۰/۵/۲۵

چکیده

منطقه پادنای سمیرم با وسعت تقریبی حدود ۷۰ کیلومتر مربع در جنوب استان اصفهان قرار گرفته است. هر ساله زمین لغزش‌های فراوانی در منطقه رخ داده که باعث تخریب تنها جاده‌ی مواصلاتی بین روستاهای سرباز – دشتبال شده است. در این مقاله پس از شناسایی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش‌های منطقه توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی و محیط نرم‌افزاری الویس (ILWIS- The Integrated Land and Water Information System) راهکارهای مناسبی جهت تثبیت آنها ارائه شد. پس از تهیه نقشه پراکندگی زمین لغزش‌ها، عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه شامل لیتولوژی، فاصله از آبراهه ها، شیب، میزان بارش سالیانه، فاصله از جاده، پوشش گیاهی و فاصله از گسل شناسایی و در نهایت نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حاصل گردید. بر اساس نتایج حاصل در کل گستره‌طرح، چیزی در حدود ۴۰ درصد خطر نسبی بسیار بالا، ۲۶ درصد خطر نسبی بالا، ۲۰ درصد خطر نسبی متوسط و ۱۴ درصد خطر نسبی پایین را نشان دادند. در نهایت راهکارهایی از قبیل استفاده از گابیون و یا قطعات سنگی بزرگ در محل تماس دامنه‌ها با رودخانه، کاهش شیب‌های تند با توجه به لیتولوژی مارنی، استفاده از کانال‌های انحرافی با توجه به شکل مئاندری رودخانه، ایجاد شبکه زهکشی سطحی به شکل دندریتی جهت خروج آب‌های سطحی و بهبودپوشش گیاهی، پیشنهاد گردید.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، سیستم اطلاعات جغرافیایی، نرم‌افزار ایل ویس، منطقه پادنای سمیرم.

۱- مقدّمه

زمین لغزش یکی از بلایای طبیعی است که همواره خسارت های زیادی را ایجاد می کند. این پدیده طبیعی در ایران نیز همیشه مشکل آفرین بوده و تأثیر مخرب آن بر سازه‌های خطی به علت طولانی بودن و عبور از مناطق مختلف بیش از سازه‌های متمرکز است.

منطقه مورد مطالعه، با وسعتی حدود ۷۰ کیلومتر مربع، در جنوبی‌ترین بخش شهرستان سمیرم در حوضه‌ی زاگرس مرتفع واقع شده است. جاده مواصلاتی منطقه هر ساله به دلیل زمین لغزش های فراوان تخریب شده است. این موضوع با توجه به شرایط اقلیمی، انسانی، اقتصادی و اجتماعی منطقه بسیار حائز اهمیت است. زمین لغزش سالانه خسارات بسیاری ایجاد می‌کند که سالیانه هزینه‌های کلانی صرف بازسازی و ترمیم تخریب‌های وارده گردد.

در این مقاله سعی بر آن شد تا پس از شناسایی دقیق عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش، راهکارهای مناسبی جهت تثبیت آنها ارائه گردد.

عمده‌ترین لغزش‌های منطقه، در سازند گورپی رخ می‌دهد. این سازند شامل مارن‌های تیره خاکستری مایل به آبی، شیل و کمی آهک مارنی خاکستری رنگ می‌باشد (درویش زاده ۱۳۸۰)؛ متعلق به زمان کرتاسه بالایی (سانتونین تا ماستریشتین) است (آقانباتی ۱۳۸۳).

برای ارزیابی و تعیین خطر زمین لغزش، مهم‌ترین مرحله، شناسایی و بررسی زمین لغزش‌های به وقوع پیوسته و مطالعه عواملی است که این زمین لغزش‌ها را باعث شده است. به طور کلی به نقشه درآوردن زمین‌لغزش‌های قدیمی و جدید منطقه (تصویر ۱) مبنای تهیه نقشه پهنه‌بندی است. نقشه پراکندگی زمین لغزش‌ها را می‌توان به نوعی نقشه خطر نیز قلمداد کرد، زیرا منـاطقی را که در معرض خطر لغـزش

قرار دارند به خوبی نشان می‌دهد.

اولین قدم اساسی در مطالعات مربوط به آنالیز خطر زمین لغزش، ایجاد پایگاه اطلاعاتی در محیط نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی آرک جی‌آی‌اس (ArcGIS) است. آماده‌سازی داده‌ها برای تجزیه و تحلیل، اهمیت ویژه‌ای دارد. به طور کلی پایگاه اطلاعاتی، متشکل از دو بخش است:

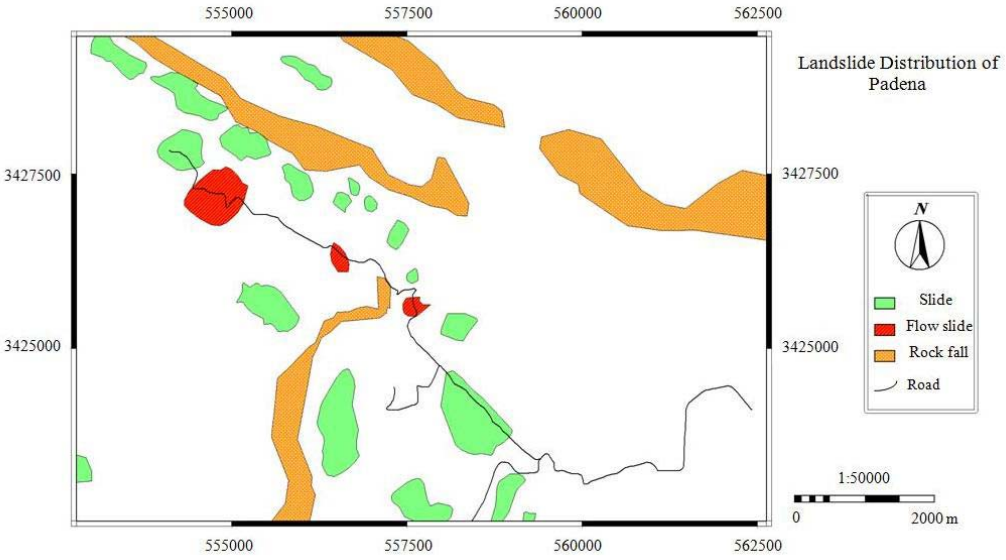
– زمین لغزش‌های موجود در گستره‌ی طرح.

– عوامل مؤثر در زمین‌لغزش‌ها (هیوود و همکاران ۱۳۸۱).

براساس بررسی‌های انجام شده، زمین‌لغزش‌های منطقه پادنای سمیرم، عمدتاً در توده‌های مارنی سازند گورپی و در محدوده روستای دشتبال، بر روی پادگانه‌های آبرفتی رودخانه ماربر قابل مشاهده شدند. البته سنگ افتان‌هایی (Rock falls) در رسوبات کنگلومرایی سازند بختیاری که به صورت ناپیوسته بر روی مارن گورپی قرار گرفته است، در قسمت‌های محدودی از منطقه مورد مطالعه، مشاهده شدند.

به‌علاوه، در ارتفاعات موجود، با توجه به صخره‌ای بودن و وجود سازندهای آهکی ایلام، سروک و ایلام – سروک نیز سنگ افت وجود دارد اما با توجه به فاصله زیادشان از جاده و به‌دلیل تفاوت در نوع مکانیسم ایجاد، در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش لحاظ نشده‌اند. به طور کلی لغزش‌های موجود در نزدیکی جاده سرباز – دشتبال، همگی از نوع لغزش‌های خاکی بوده که بر اساس طبقه‌بندی وارنز (Varnes 1978) از نوع چرخشی خاکی محسوب می‌شوند (معماریان ۱۳۸۸).

براساس عکس‌های هوایی مربوط به سال ۱۳۷٤ با مقیاس ۱:٤۰۰۰۰ (سازمان نقشه‌برداری کشور ۱۳۷٤)، داده‌های ماهواره‌ای لندست ۵، پیمایش‌های صحرایی و بررسی نقشه‌های موجود، محدوده و موقعیت زمین لغزش‌ها برداشت و به نقشه درآمد (تصویر ۱). بر این اساس ۲٦ توده‌ی لغزشی (بیشتر از نوع لغزش خاکی) شناسایی و ثبت شدند (تصویر ۲).



تصویر ۱– پراکندگی زمین‌لغزش‌ها در منطقه‌ی موردمطالعه

تصویر ۲– نمونه‌ای از زمین‌لغزش‌های چرخشی خاکی در منطقه

پس از به نقشه در آمدن توده‌های لغزشی، عوامل مؤثر در وقوع آنها بررسی و شناسایی شد که بر این اساس عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش‌های موجود در منطقه پادنای سمیرم عبارتند از: لیتولوژی، شیب، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه‌ها، فاصله از گسل، پوشش گیاهی و میزان بارش سالیانه. تثبیت زمین‌لغزش، حذف یا کاهش هر کدام از عوامل مؤثر در وقوع آن می‌تواند راهکار مناسبی باشد. با استفاده از این راهکارها می‌توان زمین‌لغزش‌های منطقه را به طور کلی مهار نمود.

۲- روش تحقیق

روش آماری دو متغیره تراکم سطح، یکی از روش‌هایی که به کمک آن می‌توان به پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه پی برد. خاطر نشان می‌شود در روش آماری دومتغیره (رابطه ۱)، وقوع زمین لغزش به عنوان متغیر وابسته و هر یک از عوامل محیطی مؤثر به عنوان متغیر مستقل درنظر گرفته می شوند (شیرانی ۱۳۸۲ و Van Westen 1998). در این مطالعه، با استفاده از رابطه ۲، وزن هر عامل به صورت جداگانه محاسبه و در نهایت نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش از روش تراکم سطح حاصل گردید.

$$D_{area} = 1000\frac{Npix(SX_i)}{Npix(X_i)} \quad (۱)$$

$$W_{area} = 1000\frac{Npix(SX_i)}{Npix(X_i)} - 1000\frac{\Sigma Npix(SX_i)}{\Sigma Npix(X_i)} \quad (۲)$$

D_{area}= تراکم زمین‌لغزش در هر رده از پارامتر.

Npix(SXi)= تعداد پیکسل‌های زمین‌لغزش در هر رده از هر پارامتر مشخص.

Npix(Xi) = تعداد کل پیکسل‌ها در هر رده از پارامتر مشخص.

W_{area} = وزن متغیر هر رده از هر پارامتر.

در نهایت با جمع جبری W_{area} مربوط به تمامی پارامترهای در نظر گرفته شده در وقوع زمین‌لغزش نقشه وزنی نهایی به دست می‌آید (Van Westen 1998).

در روش تراکم سطح، تراکم زمین‌لغزش‌ها با هر یک از پارامترهای وقوع زمین‌لغزش به صورت جداگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای ارزیابی تأثیر هر متغیر، از فاکتور وزن‌دهی که تراکم به‌دست آمده برای یک متغیر را در کل منطقه مشخص می‌کند، استفاده می‌شود (شیرانی و همکاران ۱۳۸۵ و Van Westen & Soeters 1998).

با توجه به رابطه ۲، وزن یا امتیاز هر طبقه از لایه‌های اطلاعاتی، به صورت مجزا محاسبه گردید. در ادامه به تشرح هر یک از لایه‌های اطلاعاتی پرداخته خواهد شد.

۳- شناسایی عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش‌های موجود در منطقه مورد مطالعه

۳-۱- عامل شیب

برای تهیه نقشه شیب، از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ شیت بیده و شیت سرباز (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور ۱۳۷۹) استفاده شد. در ابتدا نقشه مدل ارتفاعی رقومی (Digital Elevation Model) به کمک منحنی‌های میزان و نقاط ارتفاعی رقومی مربوط به این نقشه‌ها و نیز بر مبنای روش درون‌یابی (Interpolation) و پس از آن نقشه شیب بر حسب درصد و بر اساس استاندارد سازمان خواربار و کشاورزی (Food & Agriculture Organization of the united nation, FAO) در ۸ رده تهیه شد (Van Westen & Soeters 1996). نتایج مربوط به هر رده و تراکم زمین‌لغزش‌های موجود در جدول ۱ آمده است. با توجه به جدول ۱ رده ۱۲-۲۵ درصد، بیشترین تأثیر را در وقوع زمین لغزش‌های منطقه ی مورد مطالعه دارد (تصویر ۳).

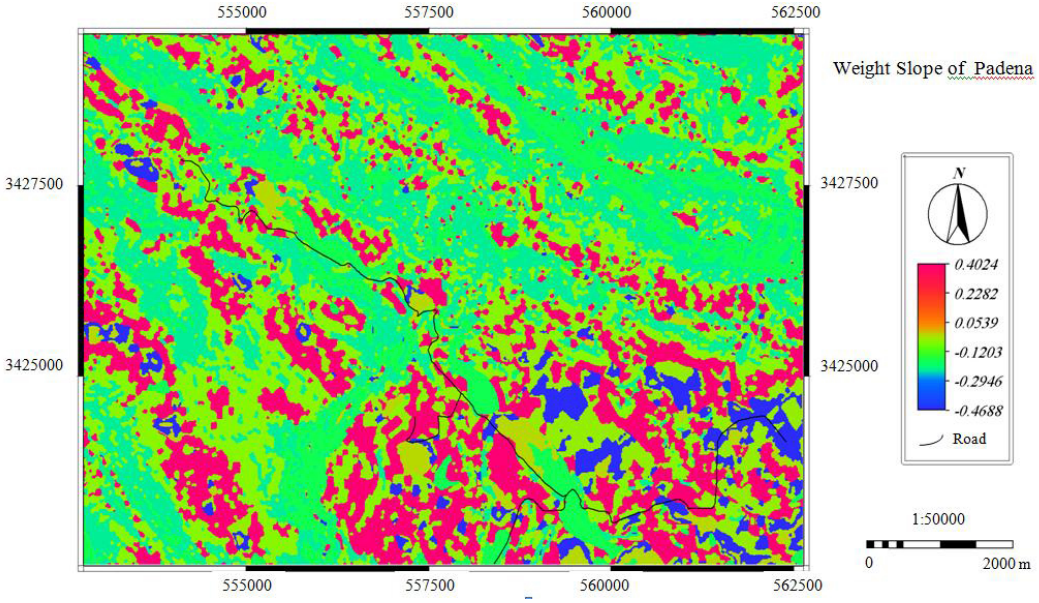
جدول ۱- رده‌های مختلف شیب در منطقه مورد مطالعه

طبقه بندی شیب (درصد)	مساحت هر طبقه از شیب (km^2)	مساحت زمین لغزش در هر طبقه (km^2)	تراکم زمین لغزش در هر طبقه	وزن هر طبقه در روش تراکم سطح
۰-۲	۱/۸٦٤۸	۰/۱۰۲۳	۰/۰٥٤۹	-۱۱/۱
۲-٥	۱/۸٤۲٥	۰/۱٦۲۷	۰/۰۸۸۳	۲۲/۳
٥-۸	۳/۲۰۱٤	۰/۱۳۲۸	۰/۰٤۱٥	-۲٤/٥
۸-۱۲	٤/٤٦۸۸	۰/۲۸۷۳	۰/۰٦٤۳	-۱/۷
۱۲-۲٥	۱٥/۰۱۷۱	۱/۳۹۷٦	۰/۰۹۳۱	۲۷/۱
۲٥-٤۰	۱۸/۱۳۸۰	۱/۱٥۸٤	۰/۰٦۳۹	-۲/۱
٤۰-۷۰	۱۸/۰۱۷٥	۰/۹٤۲٥	۰/۰٥۲۳	-۱۳/۷
>۷۰	٦/٤٤۱۲	۰/۳٥٦٤	۰/۰٥٥۳	-۱۰/۷

۳-۲- عامل لیتولوژی

این لایه اطلاعاتی از مهم‌ترین لایه‌های مورد ارزیابی در اکثر روش‌های پهنه‌بندی است که با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ بروجن (شرکت ملی نفت ایران ۱۹٦۳) و ۱:۱۰۰۰۰۰ یاسوج (سازمان زمین‌شناسی کشور ۱۳۷۷) تهیه شد. به کمک این نقشه‌ها وضعیت کلی زمین‌شناسی منطقه، مورد شناسایی قرار گرفت. در ادامه، براساس تفسیر فتوژئولوژیکی عکس‌های هوایی ۱:٤۰۰۰۰ منطقه، پردازش داده‌های ماهواره‌ای لندست ٥ در محیط نرم‌افزار اِرمَپر (Er-Mapper) و نیز انجام پیمایش‌ها و بررسی‌های صحرایی دقیق، نقشه زمین‌شناسی منطقه تهیه گردید (تصویر ٤).

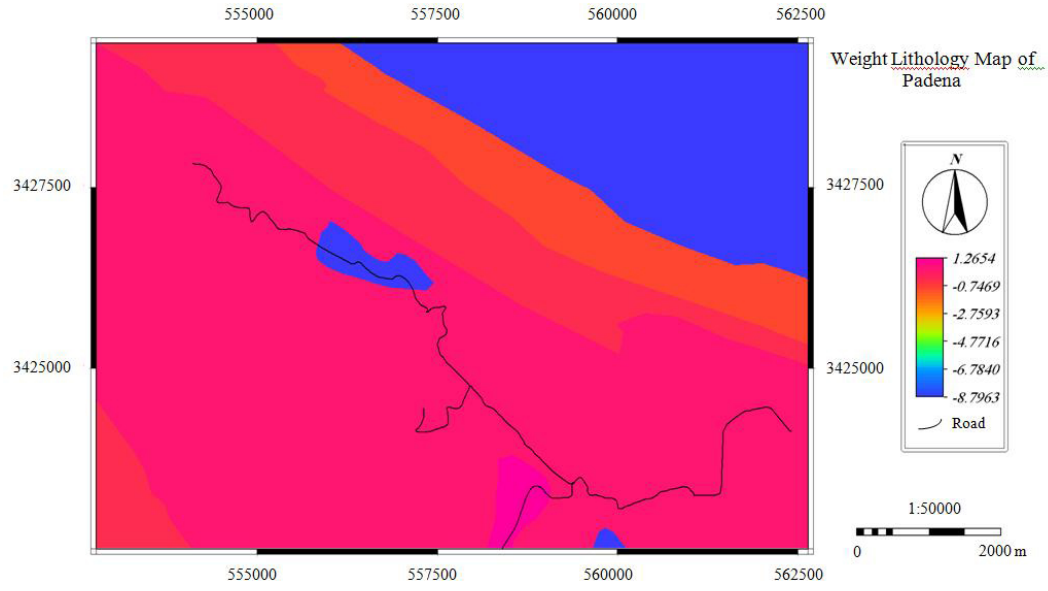
به طور کلی منطقه مورد مطالعه دارای واحدهای سنگی متنوعی بوده که عمده واحدهای آن مربوط به دوران مزوزوئیک است (آقانباتی ۱۳۸۳). بیشترین رخنمون واحدهای سنگی آن مربوط به مارن‌های سازند گورپی (K_{Sh}^{gu}) با وسعتی در حدود ۲٥/٥٤ کیلومتر مربع است که عمده زمین‌لغزش‌های منطقه در این واحد رخ داده است (جدول ۲).



تصویر ۳- نقشه وزنی شیب

جدول ۲- واحدهای لیتولوژی در منطقه‌ی موردمطالعه

طبقه بندی لیتولوژی	مساحت هر طبقه(km^2)	مساحت زمین لغزش در هر طبقه (km^2)	تراکم زمین‌لغزش در هر طبقه	وزن هر طبقه در روش تراکم سطح
Q_t	۰/٦٨٣٢	۰/۰٦٥٣	۰/۰۹٥٦۰	۲۹/٦
PL_C^{ba}	۰/٦٨٦٤	۰	۰/۰۰۰۰۱	-٦٥/۹۹
K_{Sh}^{gu}	۲٥/٥٤۹۷	۲/٦۳٤۹	۰/۱۰۳۱۰	۳۷/۱
K_L^{il-sr}	۱۹/۸۳٥۹	۱/۳۳۸۸٦	۰/۰٦۷٥۰	۱/٥
K_L^{il}	۱/٥٥۷٤	۰/۰۳۳۲	۰/۰۲۱۳۰	-٤٤/۷
K_L^{sr}	۸/٤٤۲۲	۰/٤۷۷۹	۰/۰٥٦٦۰	-۹/٤
K_L^{dr}	۳/۰٥٤۱	۰	۰/۰۰۰۰۱	-٦٥/۹۹
$K_{L\&M}^{gv}$	۳/۳۱٦٥	۰	۰/۰۰۰۰۱	-٦٥/۹۹
K_L^{fa}	٥/۸٦۰۲	۰	۰/۰۰۰۰۱	-٦٥/۹۹



تصویر ٤- نقشه وزنی واحدهای سنگی

۳-۳- عامل فاصله از گسل

گسل، یکی دیگر از عوامل مهم و مؤثر در ناپایداری دامنه‌ها است. برای تهیه نقشه گسل‌های منطقه از داده‌های ماهواره‌ای لندست و نرم‌افزار اِرمَپِر (Er-Mapper) استفاده شد (تصویر ۵). منطقه‌ی پادنا به‌دلیل قرارگیری در زاگرس مرتفع، دارای گسل‌های فراوانی است. براساس بررسی‌های انجام شده، بیشترین پتانسیل لغزش در فاصله ۰ تا ۵۰۰ متر از گسل، با مساحتی در حدود ۵۳/۸۱ کیلومتر مربع، وجود دارد (جدول ۳).

۳-۴- عامل فاصله از جاده

در بسیاری از موارد، احداث جاده‌ها و بزرگراه‌ها بر روی دامنه‌ها، مستلزم برداشتن پنجه است. از سوی دیگر، احداث جاده در بالای دامنه، به عنوان یک عامل افزایش سربار و نیروی مکانیکی محرک به حساب می‌آید. این عامل که ناشی از عملکرد انسان است، موجب ناپایداری دامنه‌ها و وقوع لغزش می‌گردد (Cornforth 2005). با توجه به جدول ٤، رده ۰ تا ۵۰۰ متر فاصله از جاده، دارای بیشترین پتانسیل لغزش بوده که با توجه به مطالب اشاره شده، قابل قبول است (تصویر ٦).

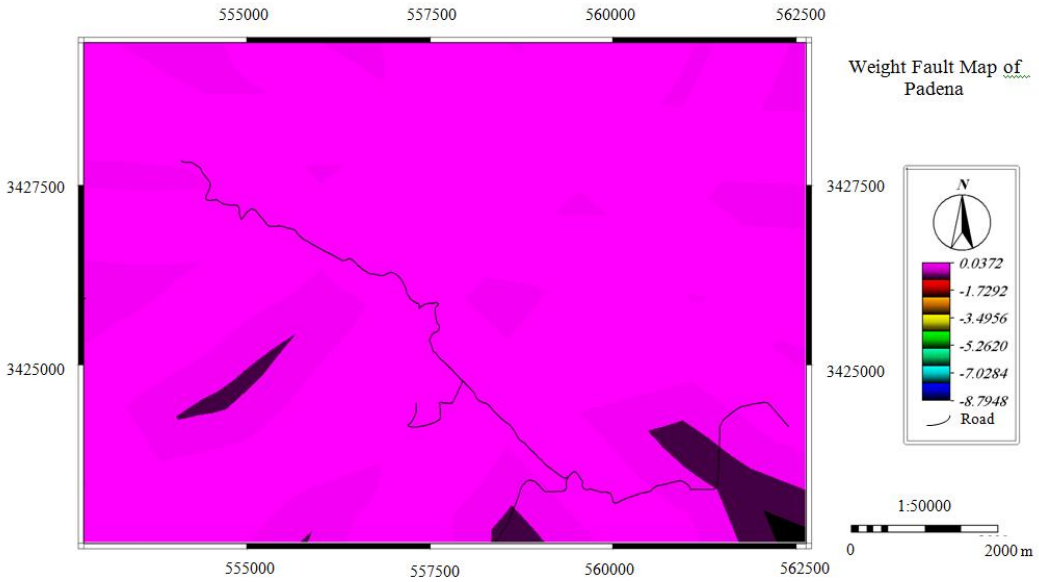
۳-۵- عامل میزان بارندگی

برای تهیه این نقشه، از دوره آماری ۳۰ ساله بارش سالیانه اداره هواشناسی استان اصفهان استفاده شد. اطلاعات موجود ایستگاه‌های منطقه، در نرم‌افزار سورفر (Surfer) به صورت اطلاعات نقطه‌ای ثبت و به کمک روش آماری کریجینگ (Kriging) به صورت منحنی‌های هم بارش درون‌یابی و نقشه هم بارش سالیانه تهیه شد. همان‌طور که در جدول ۵ آمده است، رده ٤۰۰-۵۰۰ میلی‌متر دارای بیشترین پتانسیل لغزش بوده که با توجه به روال منطقی، این شرایط متناقض با یکدیگر است.

اما براساس هم‌پوشانی عواملی دیگر نظیر لیتولوژی یا شیب، مشخص شد که در محدوده‌ی رده ٤۰۰-۵۰۰ میلی‌متر، منطبق با واحدهای مارن گورپی و یا شیب ۱۲ تا ۲۵ درصد بوده و بیشترین پتانسیل را دارا است.

جدول ۳- طبقات فاصله از گسل

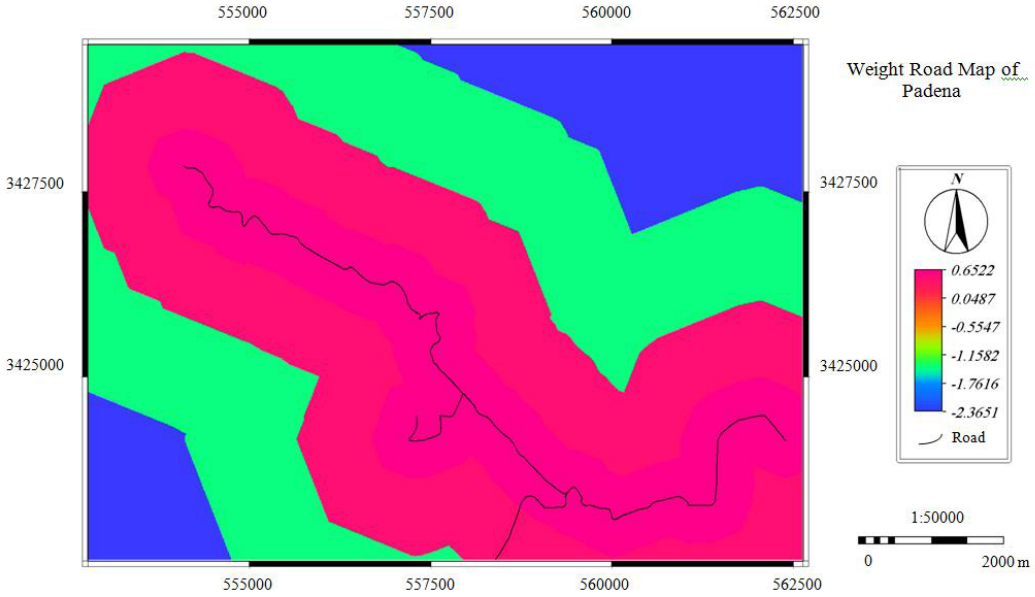
طبقه بندی فاصله از گسل(m)	مساحت هر طبقه(km^2)	مساحت زمین‌لغزش در هر طبقه (km^2)	تراکم زمین‌لغزش در هر طبقه	وزن هر طبقه در روش تراکم سطح
۰-۵۰۰	۵۳/۸۱٦۲	۳/٦۸۵	۰/٦۸۵۰	۲/۵
۵۰۰-۱۰۰۰	۱۳/۰٦٤۷	۰/۸۱۱٤	۰/۰٦۲۱۰	-۳/۹
۱۰۰۰-۱۵۰۰	۱/۹٦٤۲	۰/۰۵۳٦	۰/۲۷۳۰	-۳۸/۷
>۱۵۰۰	۰/۱٤٦۲	۰	۰/۰۰۰۰۱	-٦۵/۹۹



تصویر ۵- نقشه وزنی فاصله از گسل

جدول ٤- طبقات فاصله از جاده

طبقه‌بندی فاصله از جاده (m)	مساحت هر طبقه(km^2)	مساحت زمین‌لغزش در هر طبقه (km^2)	تراکم زمین‌لغزش در هر طبقه	وزن هر طبقه در روش تراکم سطح
۰-۵۰۰	۱۳/٦٤٥٨	۱/۷۲۹٤	۰/۱۲٦۷	٦۰/۷
۵۰۰-۱۵۰۰	۲۳/۰۹۳۰	۲/٤۱۸۲	۰/۱۰٤۷	۳۸/۷
۱۵۰۰-۳۰۰۰	۲۱/۰۰۵٤	۰/۳۳۲۲	۰/۰۱۵۸	-۵۰/۲
>۳۰۰۰	۱۱/۲٤۷۱	۰/۰۷۰۲	۰/۰۰٦۲	-۵۹/۸



تصویر ٦ - نقشه وزنی فاصله از جاده

جدول ۵- طبقات بارندگی سالیانه

طبقه‌بندی بارندگی سالیانه(mm)	مساحت هر طبقه(km^2)	مساحت زمین‌لغزش در هر طبقه (km^2)	تراکم زمین‌لغزش درهرطبقه	وزن هر طبقه در روش تراکم سطح
٤۰۰-۵۰۰	٤٦/۳۰۲۲	٤/٤۳۳۰	۰/۰۹۵۷	۲۹/۷
۵۰۰-٦۰۰	۷/۹۵۲۰	۰/۱۱٦۰	۰/۰۱٤٦	-۵۱/٤
٦۰۰-۷۰۰	۱٤/۷۳۷۱	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۰۱	-٦۵/۹

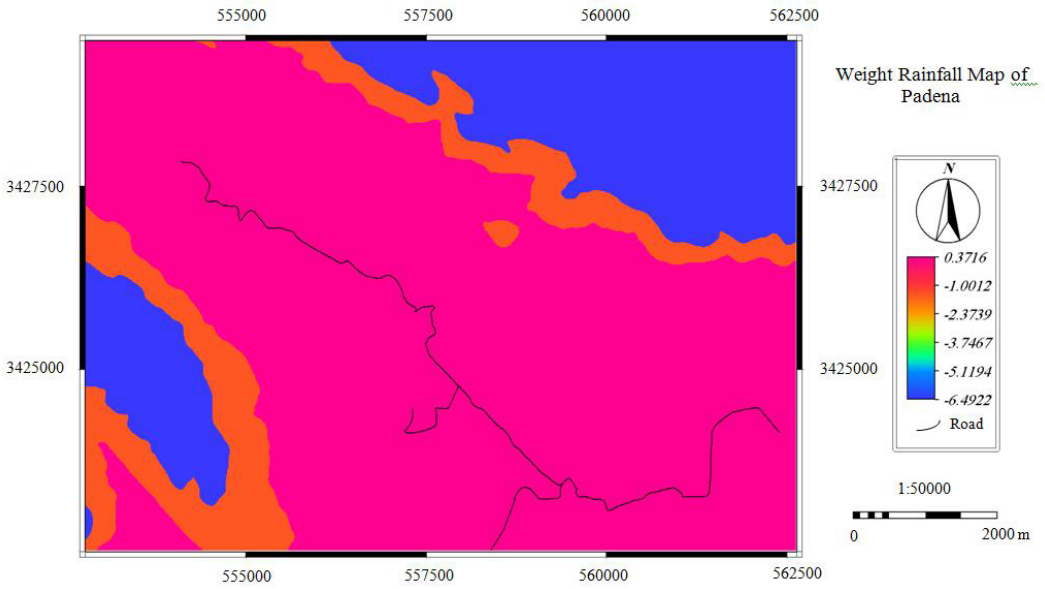
بر این اساس می توان نتیجه گرفت که تأثیر بارش در این منطقه نسبت به سایر عوامل ذکر شده، از اهمیت کمتری برخوردار است (تصویر ۷).

۳-۶- عامل فاصله از آبراهه

آبراهه‌ها با عمل فرسایشی خود به مرور زمان، علاوه بر ایجاد دامنه‌هایی با شیب متفاوت، باعث زیرشویی پنجه دامنه‌های مستعد شده‌اند. نقشه آبراهه‌ها براساس نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ شیت بیده و شیت سرباز(سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور ۱۳۷۹) تهیه شد. با توجه به نقش زهکشی آبراهه‌ها در پهنه‌های لغزشی مقادیر مربوط به وزن هر رده، در جدول ٦ آمده است. همان‌طور که مشخص است رده ۰-۵۰ متر بیشترین تأثیر را در وقوع لغزش‌ها دارد (تصویر ۸).

۳-۷- عامل کاربری اراضی

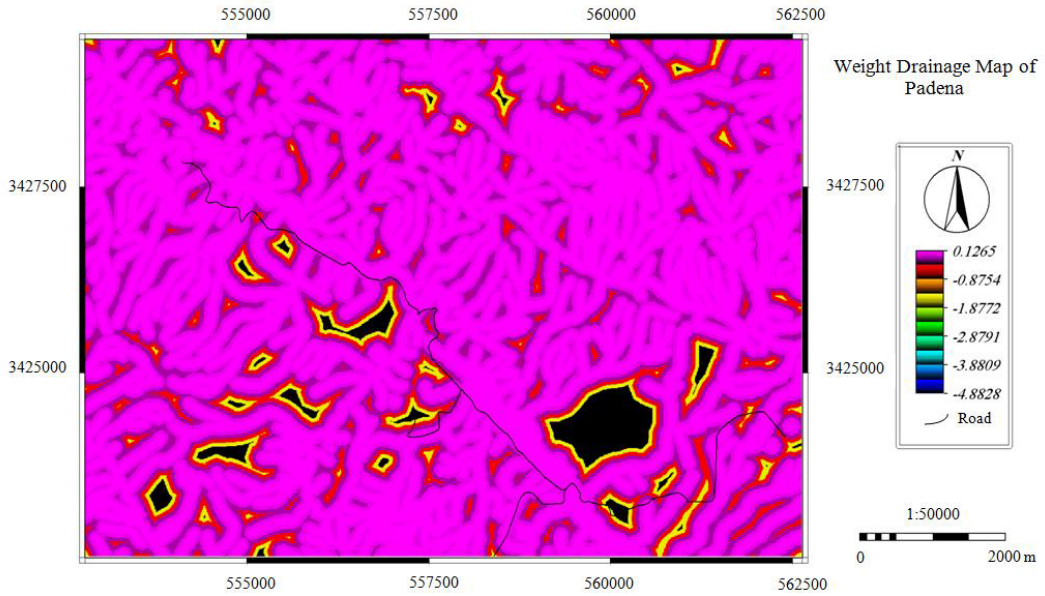
منطقه مورد مطالعه دارای پوشش گیاهی ضعیف و عمدتاً کوهستانی است. نوع پوشش گیاهی و کاربری اراضی در وقوع پدیده زمین‌لغزش مؤثر است. لذا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ شیت بیده و سرباز (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح ۱۳۷۹) و پیمایش‌های صحرایی، نقشه‌کاربری اراضی تهیه گردید (تصویر ۹). رده‌های کاربری اراضی در جدول ۷ آمده است.



تصویر ۷- نقشه وزنی بارندگی سالیانه

جدول ٦- طبقات فاصله از آبراهه

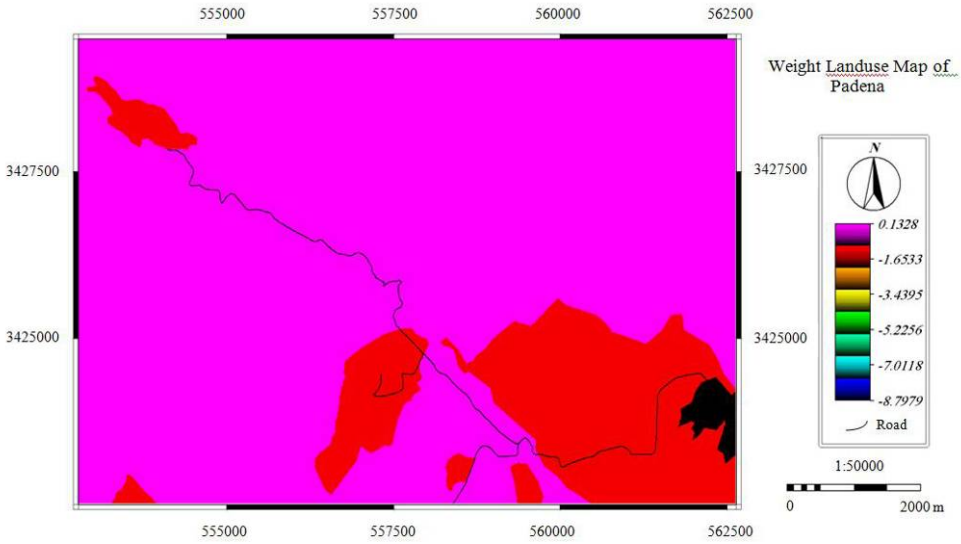
طبقه‌بندی فاصله از آبراهه (m)	مساحت هر طبقه(km^2)	مساحت زمین‌لغزش در هر طبقه (km^2)	تراکم زمین‌لغزش در هر طبقه	وزن هر طبقه در روش تراکم سطح
۰–۵۰	۳۲/٦۹۰۲	۲/٤٤۷۵	۰/۰۷٤۹	۸/۹
۵۰–۱۰۰	۱۸/۸۵۲۹	۱/۳۰۵۵	۰/۰٦۹۲	۳/۲
۱۰۰–۱۵۰	۱۰/۰۹۷۰۰	۰/۵۹٤۵	۰/۰۵۸۹	–۷/۱
۱۵۰–۲۰۰	٤/۰۸۵۷	۰/۱۷٦۳	۰/۰٤۳۲	–۲۲/۸
۲۰۰–۲۵۰	۱/٦۸۵۹	۰/۰۲۵٤	۰/۰۱۵۱	–۵۰/۹
>۲۵۰	۱/۵۷۹٦	۰/۰۰۸۰	۰/۰۰۰۵	–٦۵/۵



تصویر ۸- نقشه وزنی فاصله از آبراهه

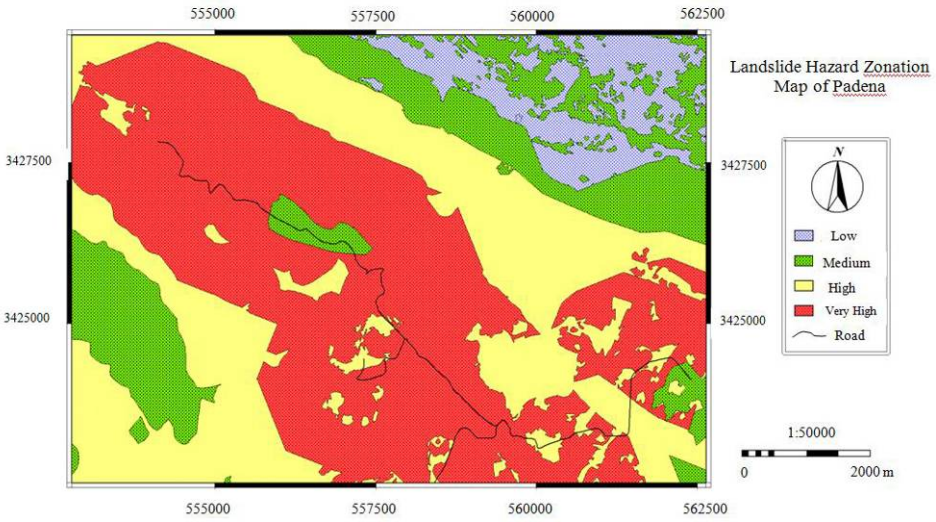
جدول ۷- رده‌های کاربری اراضی

رده‌های پوشش گیاهی	مساحت هر طبقه(km^2)	مساحت زمین‌لغزش در هر طبقه (km^2)	تراکم زمین‌لغزش در هر طبقه	وزن هر طبقه در روش تراکم سطح
درختکاری و باغات سیب	۱۱/۳۷۳۱	۰/۲۵۸۵	۰/۰۲۲۷۰	-٤۳/٥
مزارع و کشاورزی	۰/٥۷٦۱	۰	۰/۰۰۰۰۱	-٦٦/۱۹
مرتع و کوهستان	٥٦/۷۷٥۰	٤/۲۹۱٥	۰/۰۷٥٦۰	۹/٤



تصویر ۹- نقشه وزنی کاربری اراضی

با توجه به جدول ۷، مناطق فاقد پوشش‌گیاهی که با عنوان مرتع و کوهستان معرفی شده‌اند، بیشترین زمین‌لغزش را در منطقه دارند. لازم به‌ذکر است که چرای بی‌رویه دام و از بین بردن مراتع، از جمله عوامل تأثیرگذار در وقوع زمین‌لغزش در منطقه پادنا است. پس از آن رده‌ی درختکاری و باغات سیب به دلیل غرقاب نمودن و نیز کاشت درختان در دامنه‌های نسبتاً پرشیب لغزشی خطر نسبی بالائی دارند. در مناطق کشاورزی با شیب کم و در حاشیه رودخانه از خطر نسبی پایین‌تری برخوردار هستند. در ادامه، وزن مربوط به هر رده از پارامترهای مؤثر در وقوع زمین‌لغزش لایه‌های اطلاعاتی مذکور در محیط نرم‌افزاری آرک جی‌آی‌اس (ArcGIS) با یکدیگر جمع جبری شده و در نهایت نقشه وزنی تجمعی (نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش) تهیه شد (تصویر ۱۰).



تصویر۱۰- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش

با توجه به تصویر ۱۰، نمودار درصد فراوانی‌تجمعی پیکسل‌ها و وزن مربوط به هر پیکسل تهیه شد (تصویر ۱۱). همچنین بر اساس نقاط شکستی به‌دست آمده از این نمودار، آستانه‌های خطر زمین‌لغزش تعیین شد و در نهایت، آستانه‌های مربوط به پهنه‌هایی با خطر زمین‌لغزش، از روی این نقاط عطف به‌دست آمد.

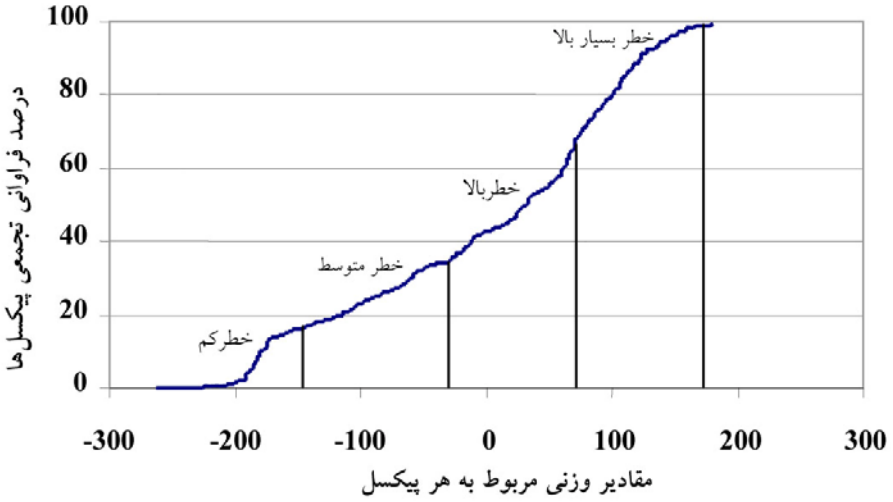
۴- ارائه راهکارهای مناسب جهت تثبیت دامنه‌های لغزشی

پس از به‌دست آوردن نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش و شناسایی نقاط بحرانی و بر اساس عوامل موثر در وقوع زمین لغزش های موجود در محدوده مورد مطالعه(که با توجه به جدول ۸ قرار دارد)، راه کارهایی مناسب جهت تثبیت دامنه های لغزشی ارائه گردید.

مهم‌ترین عامل در وقوع زمین‌لغزش‌های موجود در محدوده مورد مطالعه مربوط به واحد مارنی گورپی است. این واحد لیتولوژی براساس جدول ۲ در حدود ۳۵ درصد از منطقه را شامل شده است. این واحد در مجاورت هوا، به سرعت هوا، هوازده شده و به صورت شکفته (Expose) درآمده، همچنین و از مقاومت آن به شدت کاسته شده است. براساس شواهد صحرایی و مطالعات ژئوالکتریکی صورت گرفته بر روی بزرگ‌ترین لغزش‌های موجود در منطقه، زمین‌لغزش‌ها در این واحد به صورت چرخشی می‌باشند. این مسئله با گسیختگی رس‌ها که عمدتاً به صورت لغزش‌های چرخشی منفرد یا مرکب بوده و به طور ایده آل در سطوح لغزش به صورت دایره‌ای شکل رخ می‌دهند (والت‌هم ۱۳۸۳) مغایرتی ندارند. زیرا مارن گورپی با ضخامتی در حدود ۱۰۰ متر، با ۳۰ درصد رس و شاخص خمیری در حدود ۱۱ درصد رس فعال محسوب می‌شود با توجه به نفوذپذیری پایین این مارن ($۶/۷۵\times۱۰^{-۶}$ سانتی متر بر ثانیه) زهکشی آب داخل آن بسیار به کندی انجام می‌شود.

از جمله راهکارهای عملی در منطقه اصلاح شیب های تند ایجاد شده در هنگام بهسازی و تعریض جاده می‌باشد. ایجاد شیب‌های تند (حدود ۳۰-۸۰ درجه) در مارن گورپی مشکل‌ساز خواهد بود. علت آن است که این مارن در فصل خشک سال به صورت سخت و پس از بارندگی‌های فصول زمستان و بهار به حالت اشباع در آمده و با توجه به نقش منفی آب و نفوذپذیری پایین آن، دچار گسیختگی و لغزش شده است.

بر اساس جدول ۱ بیشترین لغزش مربوط به شیب های ۱۲ تا ۲۵ درصد می‌باشد. نتایج حاصل از رده‌های خطر پهنه‌بندی زمین‌لغزش در جدول ۸ آورده شده است.



تصویر ۱۱- درصد فراوانی‌تجمعی پیکسل‌ها و مقدار وزن مربوط به هر پیکسل

جدول ۸- آستانه پهنه‌های خطر پائین، متوسط، بالا و بسیار بالا

پهنه های خطر	آستانه خطر	مساحت هر رده (km^2)	درصد مساحت
خطر کم	(-۱۷۰) _ (-۲۶۲/۵)	۹/۴۹۳۵	۱۳/۸۱
خطر متوسط	(-۳۰/۶) _ (-۱۷۰)	۱۴/۳۰۳۷	۲۰/۷۳
خطر بالا	(۶۱/۷۳) _ (-۳۰/۶)	۱۷/۸۲۸۶	۲۵/۹۴
خطر بسیار بالا	(۱۸۱) _ (۶۱/۷۳)	۲۷/۰۹۸۳	۳۹/۴۳

در شیب‌های بیش از ۲۵ درصد، خاک دیده نمی‌شود و از این شیب به بعد دامنه‌ها به صورت سنگی می‌باشند. در شیب‌های کمتر از ۱۲ درصد نیز خاک به صورت پایدار خواهد بود و با توجه به شیب ملایم آنها، لغزش ایجاد نمی‌گردد (شیرانی ۱۳۸۲). با دانستن این موضوع، پیشنهاد می‌شود شیب‌های تند منطقه تعدیل گردد. ضمن انجام این عمل از میزان سربار اضافی بر روی توده‌های لغزشی کاسته شده و به موجب پایداری بیشتر دامنه‌ها خواهد شد.

از دیگر عوامل مخرب و ایجادکننده زمین‌لغزش در این منطقه می‌توان به تأثیر مستقیم رودخانه دایمی ماربر اشاره کرد. قرارگیری این رودخانه در نزدیکی جاده (در برخی قسمت‌ها این فاصله به کمتر از ۵ متر نیز می‌رسد) (تصویر ۱۲) تأثیر زیادی بر ناپایداری دامنه‌های لغزشی دارد. نه‌تنها رودخانه دایمی ماربر، بلکه بالا بودن آبراهه‌های اصلی و فرعی در منطقه موجب ناپایداری دامنه‌های مشرف به آنها شده است. استفاده از گابیون های سنگی و یا قطعات سنگی بزرگ در حاشیه رودخانه، به طور چشمگیری از برخورد آب به دامنه‌ها کاسته و ضمن کاهش عمل زیرشویی به استحکام هر چه بیشتر پنجه کمک خواهد نمود.

از دیگر راه کارهای کاهش تأثیر رودخانه بر دامنه های لغزشی، طراحی کانال آبی در رودخانه است. در هنگام وقوع سیلاب و بالا آمدن سطح تراز آب رودخانه، جریان سیلاب به درون این معبر وارد شده و بر این اساس از برخورد جریان‌های تند و شدید سیلاب به دیواره کاسته می‌شود.

امروزه از این روش در بسیاری از شهرهای بزرگ دنیا برای جلوگیری و کنترل سیلاب استفاده می‌گردد. با توجه به مارنی بودن و در نتیجه نفوذپذیری بسیار کم آن، تاج لغزش‌های قبلی نسبتاً مسطح، محلی را برای تجمع آب‌های سطحی و بارش‌های جوی فراهم ساخته‌اند (تصویر۱۳) این مسئله خود، سبب افزایش فشار آب منفذی، بالا رفتن وزن توده و در نهایت وقوع لغزش‌های بیشتر خواهد شد.

تصویر ۱۳- تجمع آب‌های سطحی بر روی بزرگ‌ترین توده لغزشی منطقه

بنابراین، جهت کاهش تأثیر منفی و مخرب آب بر لغزش، می توان از طریق زهکشی و خارج کردن آب چشمه های موجود در بالادست توده ی لغزشی، فشار آب منفذی اضافی را کاهش داد.

احداث شبکه‌ی زهکشی دندریتی (شاخه درختی) بر روی سطح لغزشی به طور قابل توجهی از نفوذ آب به درون توده جلوگیری می‌کند، آب‌های سطحی ناشی از بارندگی و یا ذوب برف، فرصت نفوذ به درون دامنه را پیدا نکرده با سرعت از دامنه خارج شده و از بروز زمین‌لغزش‌های گسترده در منطقه جلوگیری می‌کند.

وجود برکه‌ها و چشمه‌های دایمی بر روی توده‌ی لغزشی، محل نسبتاً هموار و مناسبی را برای سکونت عشایر منطقه و چرای دام‌هایشان فراهم نموده است (تصویر ١٤).

توجه به چرای‌بی‌رویه‌ی دام‌های عشایر که از برنامه‌های بلند مدت مدیریتی است، مانع از بین‌رفتن پوشش‌گیاهی گردیده نقش مهمی را در کاهش زمین لغزش ها ایفا نموده است. همچنین تأثیر پوشش گیاهی از نوع بوته و درختچه در کاهش زمین‌لغزش‌ها اثبات شده است.

این عامل دارای امتیازات زیادی است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

تصویر ۱۲ - تخریب جاده ناشی از زیرشویی توسط رودخانه

تصویر ١٤ - کاهش پوشش‌گیاهی در اثر چرای بی‌رویه

الف- پوشش گیاهی مانع فرسایش و حرکت عمیق توده‌ی خاک می‌گردد.

ب- ریشه‌ی گیاه، تنش‌های برشی خاک را به مقاومت کششی تبدیل می‌کند که باعث تسلیح مکانیکی خاک می‌شود.

ج- ریشه‌ی گیاهان ضمن کنترل مقدار رطوبت و کاهش عمق یخبندان، تا حد زیادی به پایداری شیب ها کمک می کند (معاونت امور فنی، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی ۱۳۸۲).

با وجود حاصل‌خیزی بالای منطقه، لازم است که از چرای بی‌رویه‌ی دام‌ها جلوگیری شود. همچنین با اتخاذ تمهیداتی برای معرفی این مناطق به «منطقه‌ی حفاظت شده»، زمینه‌ی کاشت و افزایش پوشش گیاهی فراهم شود تا علاوه بر استفاده‌ی بهینه از منابع آب و خاک حاصل‌خیز منطقه، زمین‌لغزش‌های موجود نیز کاهش یابند.

۵- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از سیستم اطلاعات جغرافیایی، حدود ٤٠ درصد از کل گستره طرح، پهنه‌ای با خطر نسبی بسیار بالا را نشان می‌دهد. بر این اساس در منطقه مورد مطالعه ارائه راهکارهای مناسب جهت تثبیت دامنه‌های‌لغزشی مهم می‌باشد؛ چرا که نه‌تنها باعث تخریب تنها راه مواصلاتی منطقه شده است، بلکه باعث افزایش حجم مرده مخازن سد پایین دست رودخانه نیز می شود.

۱- بر اساس نتایج حاصل و بازدیدهای صحرایی، عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش به ترتیب لیتولوژی، فاصله از آبراهه‌ها، شیب، میزان بارش سالیانه، فاصله از جاده، پوشش‌گیاهی و فاصله از گسل می‌باشند. بررسی این عوامل و ارائه راهکاری جهت کاهش و یا حذف هر کدام از این عوامل، می‌تواند تأثیر بسزایی را در کاهش زمین‌لغزش‌های منطقه داشته باشد.

۲- از مهم‌ترین این عوامل لیتولوژی می‌باشد. با توجه به مارنی‌بودن بیشتر قسمت‌های منطقه، استفاده از سیستم زهکشی سطحی به صورت دندریتی (شاخه درختی) برای جلوگیری از نفوذ آب‌های سطحی به درون توده‌لغزشی راهکار مناسبی می‌باشد.

۳- در منطقه موردمطالعه، عمده‌ی زمین‌لغزش‌ها در شیب حدود ۱۲ - ۲۵ درصد می‌باشند. با توجه به اینکه بیشتر زمین‌لغزش‌ها در توده‌های مارنی رخ می‌دهد؛ این شیب برای توده‌های مارنی زیاد بوده و در هنگام ذوب برف‌ها و وقوع بارندگی اشباع شده و به پایین رانده می‌شوند. کاهش شیب‌های مناطق مستعد لغزش از جمله راهکارهای مؤثر جهت جلوگیری از بروز زمین‌لغزش‌های منطقه به حساب می‌آید.

٤- استفاده از پوشش گیاهی، مناسب با شرایط اقلیمی منطقه، می‌تواند راهکاری کاربردی برای پایدارسازی دامنه‌های لغزشی باشد. پوشش گیاهی، با جذب آب دامنه‌ها توسط ریشه، از افزایش فشار آب منفذی کاسته و به‌علاوه وجود ریشه‌های در هم بافته گیاهان باعث ایجاد استحکام بیشتری خواهد شد.

۵- کاهش تماس رودخانه با دامنه‌های لغزشی، با استفاده از گابیون یا قطعات سنگی بزرگ، از بروز زمین‌لغزش‌های عمده در منطقه جلوگیری می‌کند.

راهکارهای ارائه شده برای تثبیت زمین‌لغزش‌های فراوان موجود در منطقه پادنای سمیرم، نه‌تنها از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه بوده بلکه با دید کارشناسی و مهندسی به منطقه، از لحاظ کارآیی می‌تواند کاربردی و در عین حال قابل قبول و اجرایی باشد.

مراجع

آقانباتی، م.، ۱۳۸۳، "زمین‌شناسی ایران"، *سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸٦ ص.*

درویش‌زاده، ع.، ۱۳۸۰، "زمین‌شناسی ایران"، *انتشارات امیرکبیر، ۹۰۲ ص.*

سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۷۷، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰"، *شیت یاسوج برگ شماره ٦۳۵۱.*

سازمان نقشه‌برداری کشور، ۱۳۷٤، "عکس‌های هوایی ۱:٤۰۰۰۰"، *منطقه پادنای سمیرم.*

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور، ۱۳۷۹، "نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰"، *بلوک ۸۸ (یاسوج)، شیت سرباز، برگ شماره 6351 IV NW و شیت بیده، برگ شماره 6351 IV NE.*

شرکت ملی نفت ایران، ۱۹٦۳، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰" *شیت بروجن، H39C&D.*

شیرانی، ک.، ۱۳۸۲، "ارزیابی مهم‌ترین روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش به منظور انتخاب روشی مناسب: مطالعه موردی جنوب استان اصفهان منطقه سمیرم (مسیر رودخانه ماربر)"، *پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، ۱۰٤ ص.*

شیرانی، ک. ، چاوشی، س. و غیومیان، ج.، ۱۳۸۵، "بررسی و ارزیابی روش های پهنه بندی خطر زمین‌لغزش در پادنای علیای سمیرم"، *فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم پایه)، شماره ۱ (۲۳): ۳۸-۲۳.*

معاونت امورفنی، دفترتدوین ضوابط و معیارهای‌فنی، ۱۳۸۲، "مشخصات فنی‌عمومی‌راه"، *نشریه شماره ۱۰۱، تجدید نظر اول، ویرایش ۲، انتشارات سازمان‌مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۷۰۷ ص.*

معماریان، ح.، ۱۳۸۸، "زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک"، *مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۹۹۰ ص.*

والت هم، آ. ک.، ۱۳۸۳،"مبانی زمین‌شناسی مهندسی"، *مترجم: قاضی‌فرد، ا. و امامی، ن.، انتشارات جهاددانشگاهی اصفهان، ۳۵۰ ص.*

هیوود، ا.، کورنلیوس، س. و کارور، ا.، ۱۳۸۱، "مقدمه‌ای بر

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی"، مترجم: تجویدی، گ.، سازمان نقشه‌برداری کشور، ۳۳٤ ص.

Cornforth, D., H., 2005, "Landslides in practice: investigation, analysis, and remedial/preventative options in soils", *Wiley, 1ed, 624 pp.*

Soeters R. & Van Westen C. J., 1996, "Slope instability recognition, analysis and zonation", *In: Turner, A. K. & Schuster, R. L. (eds.), Landslides investigation and mitigation, Transportation Research Board, Special Report 247, National Academy Press, Washington: 129-177.*

Van Westen, C. J., 1998, "Geographic information systems in slope instability zonation (GISSIZ)", *Volume I, II, Netherlands, Ensched.*

Van Westen, C. J. & Soeters, R., 1998, "Landslide hazard mapping", *the Kakani Area (Nepal) 1,GISSIZ, Version 2, (ITC), Netherlands, Ensched.*

Varnes, D. J., 1978, "Slope movement types and processes", *In special report 176, Landslides analysis and control (R. L. Schuster and R. J. Krizer) TRB, National Research Council Washington, D. C.*