

به کارگیری تحلیل رگرسیون لوژیستیک برای پهنه بندی خطر زمین لغزش در منطقه سفیدارگله، استان سمنان

ماشاله خامه چیان^۱؛ پرویز عبدالمالکی^۲؛ بابک راکعی^۳

چکیده

زمین لغزش‌های اتفاق افتاده در نواحی کوهستانی منطقه سفیدارگله در استان سمنان، همه ساله موجب وارد آمدن خسارات بسیار به مناطق مسکونی و راههای مواصلاتی و ... می شود. جهت مطالعه این مسأله روش آماری رگرسیون لوژیستیک برای تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش مورد استفاده قرار گرفت. پایگاه اطلاعاتی شامل نقشه های شیب، لیتولوژی، جهت شیب، مدل ارتفاعی رقومی، کاربری اراضی، بارندگی و فاصله از گسل می شوند که با استفاده از نرم افزار spans در محیط GIS تهیه شدند. در این روش متغیرهای پیش بینی کننده، اتفاق افتادن و یا اتفاق نیفتادن زمین لغزشها در واحدهای شبکه بندی شده، مورد استفاده قرار گرفته و ارتباط آنها مشخص می شود. با استفاده از این ارتباط نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه تهیه شد. نتایج نشان می دهد که شیب و لیتولوژی مهمترین متغیرها برای تخمین خطر زمین لغزش در منطقه هستند. عامل لیتولوژی واحدهای شیلی مستعدترین واحدها برای لغزش هستند. همچنین بارندگی و فاصله از گسل در مرحله اول مطالعات در نظر گرفته شد، اما در تحلیل نهایی به دلیل کم اثر بودن این عوامل از مدل حذف شد.

کلمات کلیدی

زمین لغزش، پهنه بندی، رگرسیون لوژیستیک، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS).

Using Logistic Regreseon Analysis for Landslide Hazard Zonation in Sephidargoleh Area

Khamehchiyan M.; Abdolmalekei P.; Rakei B.

ABSTRACT

Landslides in the hilly terrain of Sefidargoleh area in Semnan province cause many damages to residential area, roads, ...every year. To address this problem, a statistical method called multiple logistic regression has been used to create a landslide hazard map for study area. Data included digitized geology, slope, aspect, DEM, landuse, precipitation and buffer of faults manipulated using SPANS in GIS environment. Logistic regression relates predictor variables to the occurrence or nonoccurrence of landslides within geographic cells. These information was used to produce a map showing the probability of future landslides. Results indicated that slope and litology are the most important variable for estimating landslides. Precipitation and buffer of faults were excluded from the final analysis because these variables did not add the predictive power of the logistic regression.

KEYWORDS

Landslide, Zonation, Logistic Regression, Geographic Information System (GIS).

^۱ استاد یار گروه زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس: khamechm@modares.ac.ir

^۲ استادیار گروه بیوفیزیک، دانشگاه تربیت مدرس: parviz@modares.ac.ir

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس: rakei55@yahoo.com

زمین لغزش پدیده‌ای است که به علت از بین رفتن تعادل بین نیروهای مقاوم در مقابل نیروهای محرک لغزش، در شیب‌ها و دامنه‌ها اتفاق می‌افتد [۶]. پدیده زمین لغزش یکی از بلایای طبیعی است که همه ساله موجب خسارات مالی و جانی فراوان در مناطق مختلف جهان می‌شود [۱۳]، [۱۴]. پهنه بندی خطر زمین لغزش به خصوص در دهه های اخیر، توجه بسیاری از مهندسیین و محققین علوم زمین را به خود مشغول کرده است. نقشه های پهنه بندی کمک شایانی به طراحان در زمینه انتخاب مناطق مناسب برای اجرای طرح های عمرانی است [۲]، [۳]، [۴]، [۵]. علاوه بر آن افزایش آگاهی از اهمیت اقتصادی-اجتماعی زمین لغزش‌ها و افزایش تراکم حاصل از توسعه و شهرسازی، تهیه نقشه‌های پهنه بندی را انکار ناپذیر می‌سازد [۸]. در اکثر مناطق فعالیت انسانی موجب به هم خوردن تعادل طبیعی موجود می‌شود. افزایش خسارات و تلفات ناشی از زمین لغزش‌ها شاید نتیجه همین فعالیت‌ها باشد [۱۳]. در کشور ما نیز همه ساله شاهد وقوع زمین لغزش‌های متعدد هستیم که موجب خسارات فراوان می‌شود [۲]، [۴]. منطقه مورد مطالعه نیز به خاطر شرایط خاص آب و هوایی و زمین شناسی دارای پتانسیل فراوان زمین لغزش است که تلاش اخیر در زمینه تهیه نقشه پهنه‌بندی نیز در راستای این امر است.

روش‌های مختلفی برای پهنه بندی خطر زمین لغزش ارائه شده است ولی هیچ کدام قطعیت لازم را ندارند و روش‌های ارائه شده در بیشتر موارد برای مناطق خاص با در نظر گرفتن اصلاحات لازم کاربرد دارند [۹]، [۱۰]، [۱۱]، [۱۶]، [۱۷]، [۱۹]، [۲۰].

در این تحقیق روش رگرسیون لوژستیک مورد مطالعه قرار گرفت و هدف از آن، استفاده از این روش برای پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه، ناحیه سفیدارگل در استان سمنان با طولهای جغرافیایی ۵۳° تا ۵۳° ۱۵' شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۵° تا ۳۵° ۳۶' شمالی است. که در این حالت روابط ذاتی بین عوامل موثر در لغزش توسط سیستم رگرسیون لوژستیک استخراج شده و از آن در تشخیص درجه خطر مناطق مختلف استفاده شد.

۲- روش‌شناسی مدل‌سازی و پهنه‌بندی خطر

نسبی زمین لغزش

به طور کلی مدل‌ها و پهنه‌بندی‌های خطر نسبی زمین لغزش به لحاظ روش‌شناسی با استفاده از سه معیار از یکدیگر تفکیک می‌شوند [۶]:

۱- چگونگی تعیین واحدهای منطقه‌ای

- روش بررسی ناپایداری دامنه‌ها (استعداد به لغزش)

- چگونگی تعیین اهمیت و تأثیر نسبی عوامل مؤثر بر ناپایداری

۲-۱- چگونگی تعیین واحدهای منطقه‌ای

- ناحیه مورد بررسی به سلول‌های شبکه‌ای منظم با مساحت‌های مشخص تقسیم می‌شود و واحدهای شبکه‌ای به عنوان کوچکترین واحدهای نقشه‌ای برای بررسی پایداری ناپایداری دامنه مورد استفاده واقع می‌شوند. این کار در گذشته وقت‌گیر بوده‌است و با کارهای کارتوگرافی دستی انجام می‌شد ولی اخیراً با استفاده از سیستم‌های رایانه‌ای و نرم‌افزارهای GIS صورت می‌پذیرد. از جمله مدل‌ها و پهنه‌بندی‌های انجام‌شده به روش واحدهای شبکه‌ای می‌توان به کارهای کارارا و همکاران، براب و کاناگوا اشاره کرد [۱۱]، [۱۸].

- دومین روش، تعریف واحدهای منطقه‌ای خاص است که بر بنیان واحدهای همگن شکل زمین (مثلاً واحدهای ژئومورفولوژیکی)، زمین شناسی (مثلاً واحدهای سنگ‌شناسی)، حوضه‌های آبریز و ... شکل می‌گیرند و سایر عوامل و فاکتورهای مؤثر در لغزش در این محدوده‌ها بررسی شده و یا به نقشه درمی‌آیند. از جمله پهنه‌بندی‌های انجام شده بدین روش باید به کار استیونسن، چوبی ویتوریا اشاره کرد [۶].

- روش سوم پهنه‌بندی براساس واحدهای منطقه‌ای، هم‌پوشانی و روی هم‌گذاری تمامی نقشه‌های موجود است. در این روش، کلیه عوامل و فاکتورهای مؤثر ابتدا به صورت نقشه درآمده و برای تحلیل و پهنه‌بندی روی هم گذاشته شده‌است و از تلفیق آنها پهنه‌بندی خطر نسبی به دست می‌آید.

۲-۲- روش بررسی ناپایداری دامنه‌ها (استعداد به

لغزش و حرکت توده‌ای)

در این رابطه چهار نحوه برخورد با موضوع دیده می‌شود. - نمایش گسیختگی‌های دامنه‌ای و نواحی که زمین لغزش در آنها رخ داده است و استفاده از این فاکتور اصلی در بررسی ناپایداری دامنه‌ای: از جمله این شیوه می‌توان به کار هانسن اشاره کرد [۶]. مسلماً استفاده تنها از یک عامل در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، مدت زمان کار را تا حد زیادی پایین آورده و تنها می‌تواند به صورت مقدماتی و کلی نواحی در معرض خطر را نمایش دهد.

- انجام تحلیل‌های ژئومورفولوژیکی: در این روش بنیان پهنه‌بندی براساس مطالعات ژئومورفولوژیک استوار است. شکل‌شناسی دامنه‌ها و عوارض و علائم ناپایداری دامنه‌ای از اصلی‌ترین فاکتورهای مؤثر در پهنه‌بندی در این روش است.

۳- روش رگرسیون لاجستیک

در تحلیل‌های چند متغیره چنانچه متغیر وابسته یا پاسخ دو حالتی باشد از مدل رگرسیون لوژستیک استفاده می‌شود. در این مدل رابطه رگرسیونی متغیرها خطی نیست و به صورت منحنی S شکل است. در این نوع مدل‌ها متغیر وابسته بیانگر دو وضعیت است، این حالت‌ها می‌تواند در دامنه ۰ تا ۱ بیانگر احتمال وقوع پدیده خاص (همانند زمین‌لغزش) باشد.

برای توضیح و تشریح مدل رگرسیون لوژستیک ابتدا لازم است مدل احتمال خطی بطور خلاصه بررسی شود. اگر مدل ساده همانند رابطه ۱ را در نظر بگیریم:

$$Y_i = \alpha + \beta_i X_i + U_i \quad (1)$$

که در آن X_i متغیر مستقل، Y_i متغیر وابسته، α عرض از مبدأ و U_i عامل خطاست. چنانچه $Y=1$ احتمال وقوع حادثه موردنظر (زمین‌لغزش) و $Y=0$ احتمال عدم وقوع حادثه موردنظر (عدم وقوع زمین‌لغزش) باشد، به این مدل‌ها که در آن Y_i ، به عنوان تابعی خطی از متغیرهای توضیحی X ، به دو گروه تقسیم می‌شود «مدل‌های احتمالی خطی» گویند.

در این حالت امید ریاضی شرطی^۲ برحسب X_i معین $E(Y_i | X_i)$ را می‌توان بعنوان احتمال شرطی^۲ وقوع حادثه موردنظر به شرط X_i معین $P_i(Y_i=1 | X_i)$ تعبیر نمود. با فرض معمول $E(U_i) = 0$ (امید ریاضی شرطی U_i معادل صفر، یعنی میانگین خطاها برابر صفر) خواهیم داشت:

$$E(Y_i | X) = \alpha + \beta_i X_i \quad (2)$$

حال چنانچه تعریف کنیم:

P_i = احتمال این که Y_i مساوی یک باشد ($Y_i=1$) یعنی احتمال وقوع حادثه موردنظر و:

$1-P_i$ = احتمال این که Y_i مساوی صفر باشد ($Y_i=0$) یعنی احتمال عدم وقوع حادثه موردنظر، آنگاه Y_i دارای دامنه‌ای همانند جدول (۱) خواهد بود.

جدول (۱): جدول احتمالات برای تابع پاسخ Y_i

Y_i	احتمال
۰	$1-P_i$
۱	P_i

بنابراین طبق تعریف امید ریاضی خواهیم داشت:

$$E(Y_i) = 0(1-P_i) + 1(P_i) \quad (3)$$

$$E(Y_i) = P_i \quad (4)$$

و با مساوی قرار دادن (۲) و (۳) داریم:

$$E(Y_i | X) = \alpha + \beta_i X_i = P_i \quad (5)$$

یعنی در واقع می‌توان امید ریاضی شرطی مدل (۱) را به عنوان احتمال شرطی Y_i تعبیر کرد.

چون احتمال P_i باید بین صفر و یک قرار گیرد محدودیت

برای نمونه می‌توان به سیستم پهنه‌بندی فرانسوی زرموس (Zermos) اشاره کرد [نقل از ۶].

- روش هم‌پوشانی و روی هم‌گذاری فاکتورها: در این روش که بر مبنای شبکه‌های سلولی و یا واحدهای منطقه‌ای همگن استوار است، نقشه‌ها و شبکه‌ها بر روی هم گذاشته می‌شود و براساس رتبه یا امتیازی که هر شبکه یا واحد نقشه‌ای به خود می‌گیرد، ارزش نهایی هر شبکه یا واحد نقشه‌ای که معرف استعداد به لغزش است مشخص می‌شود.

- روش تحلیل پایداری: روش‌های تحلیل پایداری دامنه‌ها براساس ضریب ایمنی، ضریب زلزله و محاسبات ریاضی از دیگر روش‌هایی است که بیشتر در دامنه‌های منفرد و در مقیاس بزرگ مورد مطالعه قرار می‌گیرد و نیاز به آزمایش‌های دقیق حفاری، نمونه‌برداری، انجام آزمایش‌های مربوط به مقاومت، رطوبت، چسبندگی و ... دارد. تحقیقات سیموس و همکاران و ایشی‌هارا از این نوع است [۶].

۲-۳- چگونگی تعیین اهمیت و تأثیر نسبی عوامل مؤثر بر ناپایداری

برای تعیین اهمیت و تأثیر نسبی عوامل و فاکتورهای مؤثر بر پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش معمولاً از روش وزندهی یا امتیازدهی استفاده می‌شود. به طور کلی سه روش وزندهی به فاکتورهای مؤثر در ناپایداری وجود دارد:

- وزندهی کور: براساس قضاوت مهندسی و تجربیات موجود به هریک از عوامل مؤثر وزن یا امتیاز داده می‌شود.

- وزندهی بینا: در این روش براساس نتایج و تحلیل‌هایی که بر بنیان آماری و ریاضی و یا از ادراک‌های تجربی بعد از مطالعات حاصل می‌شود، به هریک از فاکتورها و عوامل مؤثر امتیاز و ارزش داده می‌شود و برپایه قضاوت اولیه و یا شخصی استوار نیست.

- وزندهی پس از حادثه: در این روش بعد از انجام آزمایش‌های تحریک‌کننده و رخداد لغزش به عناصر مؤثر وزن مناسب داده می‌شود. بدیهی است این روش نیز مستلزم انجام آزمایشات مختلف و دقیق است.

برای وزندهی به فاکتورها اغلب از تحلیل‌های آماری استفاده می‌شود. اصلی‌ترین تحلیل‌های آماری که مبنای وزندهی و تأثیر فاکتورها هستند شامل تحلیل جداول متقاطع، میان‌گیری وزنی براساس واحدهای منطقه‌ای بررسی و تحلیل رگرسیونی یک یا چند متغیره است. بر بنیان این تحلیل‌ها به هریک از فاکتورها وزنی داده می‌شود و نهایتاً جمع جبری آنها معیار برآورد خطر نسبی زمین‌لغزش و پهنه‌بندی قرار می‌گیرد.

زیر را خواهیم داشت:

$$0 \leq (Y_i | X_i) \leq 1 \quad (6)$$

مدل احتمال خطی دارای چند اشکال اساسی است:

- غیرنرمال بودن توزیع U_i یا عامل خطاها: در این مدل پراکندگی جملات اخلاص یا خطا حول خط رگرسیون به صورت نرمال توزیع نشده است و باعث ایجاد تورش در برآورد می‌شود.

- ناهمسانی و واریانس‌های اجزاء اخلاص: هنگامی که واریانس‌ها U_i با افزایش متغیر X افزایش یابد و از آن تبعیت کند ناهمسانی واریانس به وجود می‌آید.

- عدم تأمین شرط $0 \leq E(Y_i | X_i) \leq 1$ در عمل و امکان قرار گرفتن پیش‌بینی خارج از محدوده صفر و یک.

- به زیر سؤال رفتن R^2 به عنوان معیار خوبی برازش: در مدل‌های با متغیر وابسته موهومی (قابل تقسیم به دو گروه) بررسی R^2 محاسباتی ارزش چندانی ندارد.

حتی با رفع اشکالات فوق بازهم مدل احتمال خطی از نظر منطقی چندان قابل قبول نیست. زیرا این مدل فرض می‌کند که $P_i = E(Y_i | X_i)$ به‌طور خطی با X_i افزایش می‌یابد یعنی اثر نهایی X_i در سرتاسر طول تغییرات ثابت است.

در مورد پیش‌بینی‌های با متغیر وابسته موهومی، مدل احتمالاتی که دو خصوصیت را داشته باشد مطلوب است:

- همچنانکه X افزایش می‌یابد $P_i = E(Y_i | X_i)$ نیز افزایش یابد اما هیچ‌گاه خارج از محدوده صفر و یک قرار نگیرد.

- ارتباط بین P_i و X_i غیرخطی باشد. یعنی مدلی موردنیاز است که در آن احتمال فوق همچنانکه X_i کوچکتر می‌شود با نرخ کمتری به سمت صفر و همچنانکه X_i بزرگتر می‌شود باز هم با نرخ کمتری به سمت یک میل کند.

به‌طور هندسی مدل مورد نیاز شبیه منحنی S شکل باید باشد. منحنی که شباهت زیادی به تابع توزیع تخمینی انباشته متغیرهای تصادفی دارد. یکی از اصلی‌ترین توابع مذکور، مدل تابع توزیع تخمینی انباشته لوژستیک است که مدل (لاجیت) را فراهم می‌کند.

در این حالت مدل احتمال خطی فرضی بصورت رابطه V

تغییر می‌کند:

$$P_i = E(Y_i = 1 | X_i) = \frac{e^{(\alpha + \beta_1 X_i)}}{1 + e^{(\alpha + \beta_1 X_i)}} \quad (7)$$

که در آن e پایه لگاریتم طبیعی می‌باشد. رابطه (7) را می‌توان بصورت رابطه 8 بیان نمود:

$$P_i = \frac{e^{z_i}}{1 + e^{z_i}} \quad (8)$$

که در آن $Z_i = \alpha + \beta_1 X_i$ است. رابطه (8) بیانگر آن چیزی است که تحت عنوان تابع توزیع تجمعی لوژستیک معروف شده است. در این حالت همچنانکه Z_i بین $-\infty$ و $+\infty$ تغییر می‌کند P_i بین صفر

و یک خواهد بود و علاوه بر آن P_i به صورت غیرخطی به Z_i (یعنی X_i) مربوط است. (دو شرط مورد نیاز مدل برآورد شده است).

اگر P_i یعنی احتمال وقوع حادثه موردنظر به وسیله رابطه (8) بیان شود در این صورت $(1 - P_i)$ یعنی احتمال عدم وقوع حادثه موردنظر برابر است با:

$$1 - P_i = 1 / (1 + e^{z_i}) \quad (9)$$

بنابراین خواهیم داشت:

$$P_i / (1 - P_i) = e^{z_i} \quad (10)$$

به‌طور ساده $[P_i / (1 - P_i)]$ نسبت احتمال حادثه موردنظر بر آلترناتیو یا حالت دیگر آن است.

چنانچه از رابطه (10) لگاریتم طبیعی گرفته شود:

$$L_i = \ln(P_i / (1 - P_i)) = Z_i = \alpha + \beta_1 X_i \quad (11)$$

در مدل بالا L_i به نام لاجیت معروف است. بنابراین اسم مدل لاجیت به مدل‌هایی مانند رابطه 11 اطلاق می‌شود که ویژگی‌های زیر را داشته باشند:

- همچنانکه P بین صفر و یک (یعنی Z بین $-\infty$ و $+\infty$) نوسان می‌کند، L_i لاجیت از $-\infty$ تا $+\infty$ تغییر می‌کند.

- اگرچه L_i برحسب X_i خطی است اما خود احتمال‌ها این طور نیستند.

- β_1 (ضریب زاویه) میزان تغییر در L_i را به ازای یک واحد تغییر در X_i اندازه می‌گیرد. ضریب عرض از مبدأ α بیانگر مقدار لگاریتم نسبت برتری یا مزیت به نفع احتمال وقوع حادثه موردنظر در مقدار صفر متغیر مستقل است.

- اگر منظور تخمین خود احتمال وقوع حادثه موردنظر در سطح مقدار مشخصی از متغیر مستقل X باشد آنگاه این امر مستقیماً از رابطه (7) با در دست داشتن تخمین‌های α و β_1 امکان‌پذیر است.

برای پیش‌بینی احتمال وقوع حادثه موردنظر ($Y=1$) باتوجه به رابطه 9 به صورت رابطه 12 عمل می‌شود:

$$P(Y=1 | X_i) = \frac{\text{EXP}(\alpha + \beta_1 X_i + \dots + \beta_n X_i)}{1 + \text{EXP}(\alpha + \beta_1 X_i + \dots + \beta_n X_i)} \quad (12)$$

باتوجه به رابطه 12، مقادیر پیش‌بینی‌شده دامنه‌ای از صفر تا یک خواهد داشت که یک معادل وقوع حادثه موردنظر و صفر برابر عدم وقوع آن است

ع- پایگاه داده‌ها

اولین قدم برای پهنه‌بندی تعیین زمین‌لغزش‌های اتفاق افتاده در منطقه است. با مطالعات صورت گرفته، 49 زمین لغزش و پهنه لغزشی تشخیص داده شد (شکل (1)). مرحله بعدی شامل

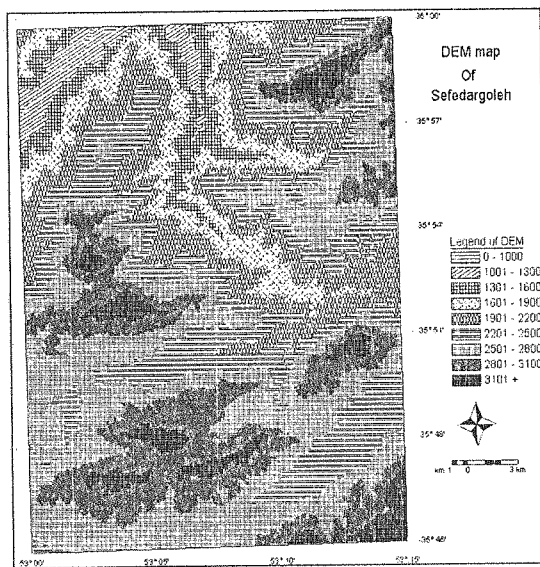
غرب، جنوب غربی، جنوب، جنوب شرقی، شرق، شمال شرقی و مناطق مسطح تقسیم شد.

۴-۳- لیتولوژی

ناحیه مورد مطالعه از لیتولوژی متنوعی برخوردار است و این عامل که شاید بتوان آنرا به نوعی مهمترین عامل برشمرد، تاثیر به سزایی در پهنه بندی دارد. بیشتر این تاثیر در مناطقی است که سازندها و رسوبات حاوی سنگهای ماری و رسی می باشند که در اثر جذب آب و رطوبت در کانپهای رسی، علاوه بر افزایش وزن، انبساط حجم نیز پیدا می کنند و موجب اکثر لغزشها می شوند. در این مطالعه لیتولوژی منطقه سفیدارگله که مبنای آن نقشه لیتولوژی منطقه سمنان بود، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

۴-۴- مدل ارتفاعی رقومی

نقشه ارتفاعی رقومی (DEM) منطقه با رقومی کردن نقشه توپوگرافی منطقه سفیدارگله در مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ تهیه، و منطقه به ۹ زیرگروه با اختلافهای ۳۰۰ متر تقسیم شد (شکل (۲)).



شکل (۲): نقشه DEM منطقه سفیدارگله

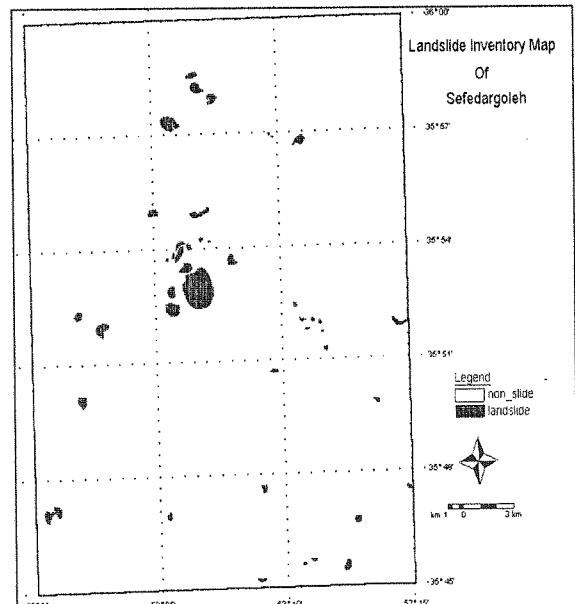
۴-۵- کاربری اراضی

با توجه به پوشش گیاهی و نوع کاربری زمینهای این ناحیه، منطقه به ۵ ناحیه تقسیم شد که مبنای آن مطالعاتی بود که در سازمان زمین شناسی کشور انجام شد (شکل (۳)):

- کلاس A: جنگل متراکم، جنگل نیمه متراکم.
- کلاس B: مخلوط جنگل و باغ و مجتمع درختان.
- کلاس C: دیم، مخلوط مرتع و دیم، اراضی مرتعی متراکم.
- کلاس D: اراضی زراعی آبی، اراضی مرتعی نیمه متراکم

تهیه پایگاه اطلاعاتی از عوامل مؤثر بر زمین لغزش است. در این مرحله ۷ عامل مؤثر مورد بررسی قرار گرفت. این عوامل عبارتند از: شیب، جهت شیب، مدل ارتفاعی رقومی، لیتولوژی، بارندگی، فاصله از گسل و کاربری اراضی.

برای تغذیه این اطلاعات به مدل رگرسیون لوژیستیک، منطقه مورد مطالعه با واحدهای مربع شکل به طول ۸۶/۴ متر شبکه بندی شد. بدین ترتیب کل منطقه به ۸۳۷۸۱ واحد تقسیم گردید. اطلاعات موجود در هر واحد نشانگر مشخصات عوامل مؤثر در آنها می باشد و شامل ۷ لایه اطلاعاتی است.



شکل (۱): نقشه زمین لغزشهای موجود

۴-۱- میزان شیب دامنه ها

از نظر تئوری، با فرض یکسان بودن سایر عوامل احتمال خطر لغزش در مناطقی که شیب بیشتری داشته باشند، بیشتر است و به عنوان یک پیش فرض، در شیبهای کمتر از ۵ درجه لغزش اتفاق نخواهد افتاد [۱۲]. در روشهای مختلف پهنه بندی برای تقسیم بندی شیب دامنه ها، مقادیر متفاوتی ارائه شده است ولی در روش پیشنهادی، برای جلوگیری از هرگونه پیش داوری، منطقه با اختلاف ۵° به گروه های مختلف از ۵ تا ۷۰+ درجه تقسیم شد.

۴-۲- جهت شیب

در نیمکره شمالی، دامنه هایی که جهت شیب آنها به سمت جنوب باشد، نور خورشید را در طول سال بیشتر دریافت می کنند و تبخیر در آنها بیشتر است. با توجه به اهمیت این موضوع در پدیده لغزش منطقه به ۹ گروه شمال، شمال غربی،

و کم مترکم.

- کلاس E: اراضی بایر فاقد پوشش گیاهی یا پوشش کم.

نقشه بارندگی منطقه تهیه شد. این معادله رگرسیون در مناطق شمالی که از سیستم خزری تبعیت می کند، به صورت معادله درجه دوم و در مناطق جنوبی البرز که از سیستم نیمه خشک تبعیت می کند، یک معادله از نوع درجه اول است.

البرز شمالی:

$$y = (2.9844 * 10^{-8})x^3 - (1.302 * 10^{-4})x^2 - 0.0485x + 1160.4831 \quad (13)$$

البرز جنوبی:

$$y = 0.288x - 193.71 \quad (14)$$

(y) میزان بارندگی بر حسب میلیمتر و (x) ارتفاع سطح زمین بر حسب متر

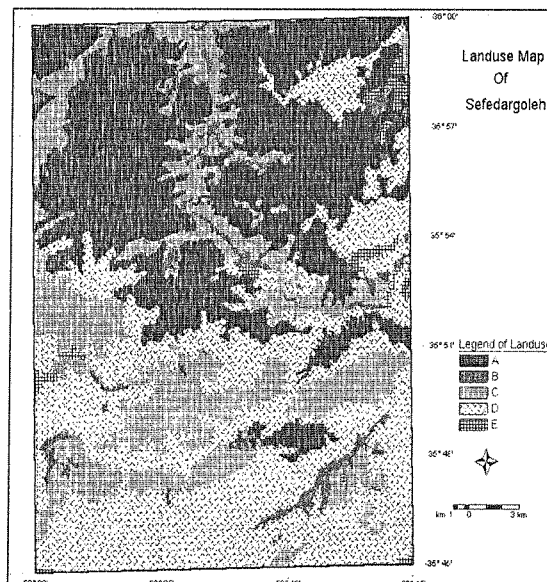
طبقه بندی میزان بارندگی با اختلاف ۱۰۰ میلیمتر انجام شد.

۵- مدل رگرسیون لوژستیک مورد استفاده

همان گونه که ذکر شد از روش رگرسیون لوژستیک در مواردی که احتمال وقوع و عدم وقوع به صورت صفر و یک بیان می شود، استفاده می شود. از آن جایی که در تحقیق اخیر، با پدیده ای مواجه هستیم که یا اتفاق افتاده (با احتمال وقوع ۱) یا اتفاق نیفتاده (با احتمال وقوع ۰) است، این مدل برای امر پهنه بندی استفاده شد. هدف از استفاده از این مدل استخراج قانون ممیزی است که باید برای کل منطقه برون یابی شود. بدین منظور پس از آماده کردن اطلاعات اولیه مربوط به عوامل موثر در زمین لغزش، با تعداد ۱۶۲۶ واحد اقدام به تعیین قانون مربوطه شد.

مدل رگرسیون لوژستیک در محیط نرم افزاری SPSS با استفاده از روش forward stepwise:wald ایجاد شد. این مدل شامل دو مرحله تخمین زدن^۱ و ارزشیابی^۲ است. هدف از مرحله تخمین زدن، به دست آوردن ضرایب β از داده های گروه آموزش، برای تشکیل قانون ممیزی است و هدف از مرحله ارزشیابی، سنجش توانایی پیشگویی مدل بر روی گروه آموزش است. در مرحله تخمین زدن، داده های مربوط به ۱۶۲۶ واحد در ماتریس گروه آموزش قرار گرفت. سپس نرم افزار راه اندازی شد تا جدول تخمین ضرایب، که در این مدل محاسبه می گردد، حاصل شود. ضرایب حاصل شامل: عرض از مبدا (α) و اعداد بعدی شیب های خط (β_i) هستند. آنگاه با استفاده از این ضرایب، قانون ممیزی نوشته شد. قانون ممیزی در واقع احتمال انتساب واحد به منطقه لغزشی یا غیرلغزشی است.

برای تعیین مناسب ترین ضرایب و معادله انتساب، شاخص های مختلفی وجود دارد، یکی از آنها ارزش مربع کای^۳ می باشد که استفاده مهم آن در تعیین اهمیت هر پارامتر در ایجاد لغزش است و آنهایی که کمترین مقدار را دارند دارای



شکل (۳): نقشه کاربری منطقه سفیدارگله

۴-۶- فاصله از گسل

برای عامل گسل اثرات مختلفی را در بروز لغزش در دامنه ها می توان متصور شد. خردشدگی و برشی شدن در مناطق گسلی، نفوذ آب از این مناطق به داخل دامنه ها، بروز ناپیوستگی در اطراف گسل ها و اختلاف فرسایش در دامنه ها از جمله اثراتی است که می توان به آنها اشاره کرد.

حرکت گسل می تواند به نوعی شروع لغزش در دامنه باشد. بروز تعداد زیادی زمین لغزش بعد از زلزله، می تواند موید نقش آن در بروز زمین لغزش باشد. در حقیقت حرکت گسل ها موجب رسیدن به حد آستانه حرکت در دامنه ها می شود. در این تحقیق نقشه فاصله از گسل (بافر گسل) تهیه و به ۵ زیر گروه با فواصل ۳۰۰ متر دسته بندی شد. برای این عامل نقش دوگانه می توان متصور شد که در بعضی مواقع اثرات متفاوتی را بجای می گذارد.

۴-۷- بارندگی

بارندگی به سبب بالا بردن سطح ایستابی آب های زیرزمینی که این افزایش به نوبه خود موجب افزایش فشار ایستاتیکی و فشار آب حفره ای در مصالح دامنه ها می شود، نقش به سزایی در لغزش ایفا می کند [۷].

در منطقه مورد مطالعه به علت نبودن ایستگاههای باران سنجی کافی رابطه ای بین ارتفاع و میزان بارندگی در ایستگاههای موجود به دست آمد که با استفاده از این رابطه

۶- نتایج

با توجه به موارد ذکر شده از بین هفت عامل موثری که برای پهنه بندی مورد استفاده قرار گرفته بودند، در فرمول نهایی پنج عامل مورد استفاده قرار گرفت. این عوامل عبارتند از جهت شیب، مدل ارتفاعی رقومی، شیب، لیتولوژی و کاربری اراضی. از بین عوامل فوق لیتولوژی و کاربری اراضی و جهت شیب بعنوان عوامل کیفی و بقیه بصورت کمی در نظر گرفته شدند. از بین این عوامل با توجه به وزن آنها، تاثیر شیب دامنه و لیتولوژی بیشتر از سایر عوامل است که شیب دامنه از نوع عوامل کمی و لیتولوژی از نوع کیفی است.

مدل رگرسیون لوژستیک با آنالیز Wald، تاثیر عوامل را با اضافه کردن یک به یک آنها در تکرارهای متوالی، به گونه‌ای که در تکرار اول فقط تاثیر یک عامل را مورد بررسی قرار می‌دهد، مناسب‌ترین ارزش را به هر کدام از عوامل کمی و به زیر گروههای عوامل کیفی اختصاص می‌دهد. جدول ۲ این موضوع را نشان می‌دهد که در آن فقط تکرارهای ۱، ۲، ۳ و ۴ آورده شده است (جدول ۲).

در این تحقیق نتایج مدل سازی با مقادیر مختلف جداساز مورد بررسی قرار گرفت. این مقادیر از ۰/۳ تا ۰/۷ را شامل می‌شدند که با میزان جداساز ۰/۴ کمترین خطا از مدل گرفته شد. برای تشخیص مناسب ترین تکرار، متدهای مختلف سنجش میزان خطا وجود دارد. بدین منظور کاهش میزان $2 \log$ likelihood و افزایش میزان Cox & Snell R Square و Negelkerke R Squar در تکرار بیستم، مناسب ترین مرحله را برای انتخاب ضرایب و تعداد عوامل موثر نشان می‌دهد (جدول ۳). همچنین با محاسبه میزان خطا و حساسیت مدل نسبت به پیش‌گویی نمونه های لغزشی و غیرلغزشی در تکرارهای مختلف مرحله تخمین زدن، مشاهده می‌شود که تکرار بیستم مناسب ترین وزنها را دارا است (جدول ۴).

پس از تعیین بهترین تکرار همراه با بیشترین دقت، فرمول نهایی بصورت رابطه ۱۵ آماده شد:

$$Y = -7.903 + 1.162 \text{Aspect}2 - 2.975 \text{Aspect}9 + 0.001 \text{DEM} + 1.834 \text{Lit}11 - 9.323 \text{lit}12 + 1.854 \text{lit}16 + 3.102 \text{lit}17 + 3.003 \text{lit}19 + 2.636 \text{lit}20 + 1.491 \text{lit}25 + 2.209 \text{lit}34 - 14.068 \text{lit}47 + 0.207 \text{slope} + 2.053 \text{lux}10 + 1.026 \text{lux}30 - 9.866 \text{lux}50 \quad (15)$$

فرمول محاسبه شده در مرحله تخمین برای تعداد ۴۰۰ نمونه

همچنین در مرحله آموزش و آزمایش، با محاسبه تعداد موارد لغزشی به درستی تشخیص داده شده به کل موارد پیشگویی شده لغزشی حساسیت مدل برای پیشگویی مناطق لغزشی و با محاسبه موارد غیرلغزشی به درستی تشخیص داده شده به کل موارد غیرلغزشی تشخیص داده شده، ویژگی مدل برای پیشگویی مناطق غیرلغزشی محاسبه شد. دقت کل مدل با تقسیم موارد به درستی تشخیص داده شده به کل نمونه ها محاسبه شد.

از آنجایی که کار آمدی مدل مورد نظر در مرحله نخست برای جداسازی دو گروه لغزشی و غیرلغزشی است، مدل با مقادیر جداساز مختلف مورد آزمایش قرار می‌گیرد. این مقادیر به صورت متغیر از ۰/۳ تا ۰/۷ در نظر گرفته شد.

در نهایت با ایجاد مدل لوژستیک در مرحله تخمین موثرترین عوامل و میزان تاثیر آنها محاسبه شد. برای اطمینان از صحت و درستی از میزان تاثیر این عوامل، فرمول به دست آمده با تعدادی از نمونه های جدید مورد آزمون قرار گرفت. نتایج بدست آمده باید کمترین میزان خطا را داشته باشند.

خروجی مدل رگرسیون لوژستیک اعدادی در دامنه کمتر و بیشتر از صفر است. با توجه به احتمال پیشین محاسبه شده که برای دو کلاس (تعداد نمونه های ارائه شده برای هر دو کلاس مساوی و برابر ۸۰۰ در نظر گرفته شده است) برابر ۰/۵ است، در نتیجه $\ln p/1-p = 0$ و از آنجا نتیجه می‌شود که مقدار جداساز برابر صفر خواهد بود. یعنی اگر $X_i > 0$ ، $\alpha + \beta_i$ ، آنگاه نمونه مربوط به کلاس اتفاق افتاده و در غیر اینصورت اتفاق نیفتاده است.

با توجه به مواردی که ذکر شد، مناسب ترین عوامل مؤثر بر زمین لغزش شناسایی و وزن آنها مشخص شد. سپس فرمول محاسبه شده برای کل منطقه تعمیم داده شد. مقادیر محاسبه شده برای هر واحد اعدادی در دامنه ۲۱/۲۹ و ۱۴/۸۵- گردید. اعداد موجود در دامنه منفی براساس قدر مطلق بزرگترین مقدار منفی در دامنه صفر تا ۱- نرمالیزه و اعداد موجود در دامنه مثبت بر اساس بزرگترین مقدار مثبت در دامنه صفر و ۱+ نرمالیزه شدند. با توجه به ضرورت پهنه بندی در ۵ رده، این مقادیر با اختلاف ۰/۴ به پنج گروه، با توجه به احتمال خطر زمین لغزش، تقسیم بندی شدند. نقشه نهایی پهنه بندی مناطق با خطر خیلی زیاد تا مناطق پایدار را شامل می‌شود.

جدول (۲): عوامل انتخاب شده و وزنهای اختصاص یافته به آنها

Variables in the Equation

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95.0% C.I. for EXP(B)	
								Lower	Upper
Step 1	SLOPE	.246	.011	472.541	1	.000	1.278	1.250	1.307
	Constant	-3.328	.151	486.124	1	.000	.036		
Step 2	SLOPE	.225	.011	386.521	1	.000	1.252	1.224	1.280
	LUX10	2.359	.184	165.163	1	.000	10.579	7.382	15.159
	Constant	-4.098	.198	429.301	1	.000	.017		
Step 3	ASPX90	-3.207	.475	45.543	1	.000	.040	.016	.103
	SLOPE	.169	.011	225.543	1	.000	1.184	1.159	1.211
	LUX10	2.169	.196	121.840	1	.000	8.746	5.951	12.854
	Constant	-2.826	.216	171.911	1	.000	.059		
Step 20	ASPX20	1.162	.368	9.971	1	.002	3.198	1.554	6.579
	ASPX90	-2.975	.502	35.171	1	.000	.051	.019	.136
	DEM	.001	.000	15.274	1	.000	1.001	1.001	1.002
	LIX11_0	1.834	.301	37.053	1	.000	6.258	3.467	11.295
	LIX12_0	-9.323	18.556	.252	1	.615	.000	.000	5.6E+11
	LIX16_0	1.854	.540	11.791	1	.001	6.386	2.216	18.403
	LIX17_0	3.102	.982	9.981	1	.002	22.236	3.246	152.316
	LIX19_0	3.003	.786	14.592	1	.000	20.152	4.316	94.089
	LIX20_0	2.636	.475	30.825	1	.000	13.954	5.503	35.384
	LIX25_0	1.491	.577	6.674	1	.010	4.443	1.433	13.773
	LIX34_0	2.209	.479	21.241	1	.000	9.105	3.559	23.292
	LIX47_0	-14.068	24.681	.325	1	.569	.000	.000	7.9E+14
	SLOPE	.207	.015	199.740	1	.000	1.230	1.195	1.266
	LUX10	2.053	.272	56.812	1	.000	7.794	4.569	13.293
LUX30	1.026	.308	11.095	1	.001	2.789	1.525	5.100	
LUX50	-9.866	19.743	.250	1	.817	.000	.000	3.3E+12	
	Constant	-7.903	.925	73.067	1	.000	.000		

B: Logit coefficient, S.E.: standard deviation, d.f.: Degree of freedom

جدول (۴): حساسیت مدل برای مناطق لغزشی و غیرلغزشی و

دقت کل در مرحله تخمین زدن

Classification Table^a

Observed	Y	Predicted		Percentage Correct	
		Y			
		0	1		
Step 1	Y	0	744	89	91.5
		1	96	717	88.2
	Overall Percentage				89.9
Step 2	Y	0	755	58	92.9
		1	54	759	93.4
	Overall Percentage				93.1
Step 3	Y	0	709	104	87.2
		1	20	793	97.5
	Overall Percentage				92.4
Step 18	Y	0	740	73	91.0
		1	21	792	97.4
	Overall Percentage				94.2
Step 19	Y	0	741	72	91.1
		1	20	793	97.5
	Overall Percentage				94.3
Step 20	Y	0	742	71	91.3
		1	20	793	97.5
	Overall Percentage				94.4
Step 21	Y	0	740	73	91.0
		1	20	793	97.5
	Overall Percentage				94.3
Step 22	Y	0	739	74	90.9
		1	21	792	97.4
	Overall Percentage				94.2
Step 23	Y	0	741	72	91.1
		1	20	793	97.5
	Overall Percentage				94.3

a. The cutvalue is .400

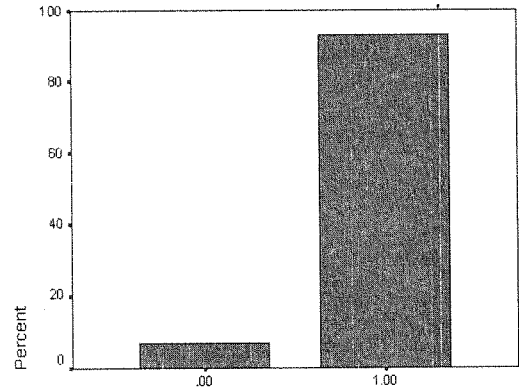
جدول ۳: مقادیر خطای مدل در تکرارهای مختلف

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	1030.362	.529	.705
2	845.849	.579	.773
3	753.175	.603	.804
4	738.556	.606	.808
5	725.042	.610	.813
6	711.871	.613	.817
7	691.310	.618	.823
8	682.157	.620	.826
9	701.931	.615	.820
10	689.118	.618	.824
11	676.545	.621	.828
12	666.957	.623	.831
13	656.606	.626	.834
14	659.145	.625	.833
15	649.055	.627	.836
16	638.381	.630	.840
17	630.310	.632	.842
18	620.921	.634	.845
19	613.933	.635	.847
20	597.753	.639	.852
21	607.550	.637	.849
22	614.759	.635	.847
23	605.066	.637	.850

در مرحله آزمون مورد امتحان قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که حساسیت مدل برای پیش‌گویی مناطق لغزشی ۹۳٪ و ویژگی آن برای مناطق غیرلغزشی ۹۲/۵٪ است (جداول (۵) و (۶)، اشکال (۴) و (۵)).

جدول (۵): حساسیت مدل برای مناطق لغزشی در مرحله آزمون

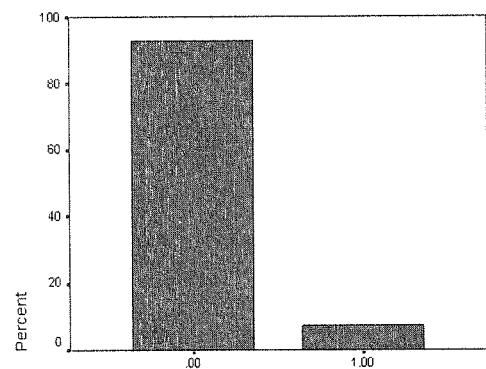
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	14	3.5	7.0	7.0
1.00	186	46.5	93.0	100.0
Total	200	50.0	100.0	
Missing	System	200	50.0	
Total	400	100.0		



شکل (۴): حساسیت مدل برای مناطق لغزشی در مرحله آزمون

جدول (۶): حساسیت مدل برای مناطق غیرلغزشی

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	185	46.3	92.5	92.5
1.00	15	3.8	7.5	100.0
Total	200	50.0	100.0	
Missing	System	200	50.0	
Total	400	100.0		



شکل (۵): حساسیت مدل برای مناطق غیرلغزشی در مرحله آزمون

بعد از حصول بهترین نتایج از مراحل تخمین و آزمون، مرحله پایانی کار برون یابی این فرمول برای کل منطقه است. بدین منظور فرمول مورد نظر در نرم افزار spans برای کل منطقه تعمیم داده شد تا نقشه نهایی پهنه بندی حاصل شود (شکل (۶)).

نتایج برون یابی فرمول به دست آمده از مدل رگرسیون لوژیستیک برای کل منطقه نشان می دهد که ۱٪ از منطقه پایدار، ۱۲/۷٪ خطر کم، ۵۴٪ خطر متوسط، ۳۶/۶٪ خطر زیاد و ۰/۷٪ از منطقه ناپایدار می باشد (جدول (۷) و شکل (۷)).

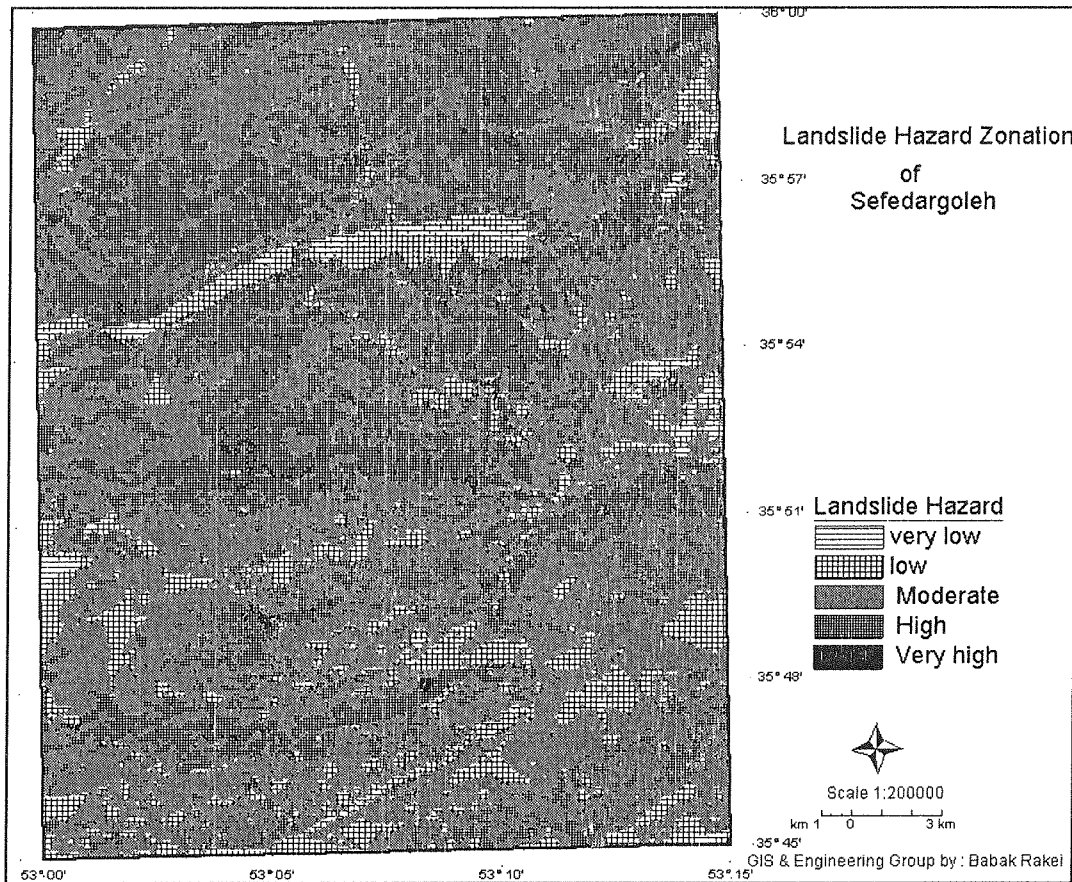
۷- بحث و نتیجه گیری

با وجود گستردگی های کم زمین لغزشها در مقایسه با سایر حوادث طبیعی، از آنجایی که مناطق در معرض خطر لغزش معمولاً در مناطق حساس واقع هستند و خسارات ایجاد شده در مقایسه با گستردگی پدیده خیلی زیاد است، پهنه بندی خطر زمین لغزش در این مناطق ضروری است. نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن است که مدل ریاضی ایجاد شده به خوبی توانسته است انتظارات رابراورده سازد و نقش خود را به عنوان یک سیستم پیشگویی اثبات کند. نقشه نهایی پهنه بندی، احتمال لغزش در هر واحد با توجه به فرمول بدست آمده از مدل لوژیستیک است. مقایسه این نقشه با نقشه زمین لغزشهای اتفاق افتاده^{۱۲} بیانگر تطبیق مناسب بین مناطق لغزش یافته و مناطق پهنه بندی با درجه خطر زیاد است.

پارامترهای تشخیصی به کار رفته شامل هفت پارامتر هستند که در نهایت پنج پارامتر مورد استفاده قرار گرفت. این پارامترها شامل مشخصات لیتولوژی، شیب، مدل ارتفاعی رقومی، کاربری اراضی و جهت شیب است که در فرمول نهایی آشکار شدند.

مناطق که دارای شیب و ارتفاع زیاد هستند، دارای پتانسیل لغزش زیاد و مناطق هموار دارای احتمال خطر لغزش کم پیش بینی شده اند که این نتایج صحت نتایج به دست آمده از این مدل را مورد تایید قرار می دهند. در تحقیق حاضر پارامترهای مختلف کمی و کیفی مورد استفاده قرار گرفتند و نتایج حاصل از مدل لوژیستیک نشان می دهد تاثیرات شیب و لیتولوژی بیشتر است. این تأثیر در مورد لیتولوژی در مورد سازندهای مشخص می باشد ولی برای شیب این تأثیر بصورت یک ضریب ثابت است، در نتیجه با افزایش درجه شیب دامنه، تأثیر این پارامتر افزایش می یابد.

این در حالی است که در تحقیقات مختلفی که در مورد تاثیرات عوامل مختلف زمین لغزش صورت گرفته است این افزایش تأثیر را در شیب های کم تا متوسط مورد تایید قرار می دهند ولی در مقادیر زیاد شیب، تأثیر شیب دامنه ها کاهش می یابد. دلایل کاهش این تأثیر بدین گونه توضیح



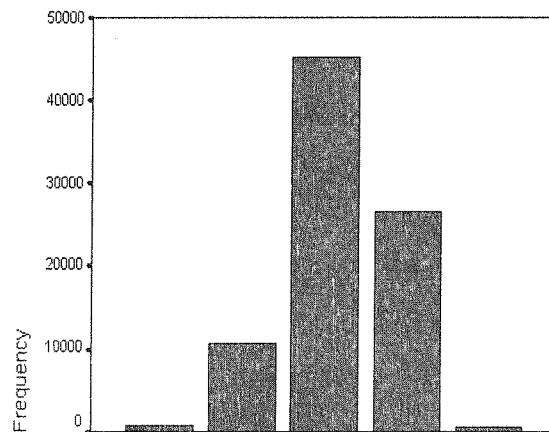
شکل (۶): نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش

نزدیک به قائم بسیار زیاد است [۲].

جدول (۷): درصد سطحی مناطق مختلف پهنه‌بندی

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1.00	827	1.0	1.0
	2.00	10697	12.7	13.7
	3.00	45193	54.0	67.7
	4.00	26384	31.5	99.3
	5.00	822	.7	100.0
Total	83823	100.0	100.0	
Missing	System	9	.0	
Total	83832	100.0		

با توجه به جدول (۲) مشاهده می‌شود که پارامتر لیتولوژی نیز به همراه شیب دارای تاثیر زیاد است. واحدهای متناظر که بیشترین تاثیر را دارا هستند شامل سازندهای آهک و مارن دار (lit11_0, lit12_0, lit25_0)، سازند دولومیتی لار (lit17_0, lit19_0)، سازند شمشک با لیتولوژی عمدتاً ماسه سنگی - شیلی (lit20_0)، سازند باروت با لیتولوژی عمدتاً شیلی (lit34_0) و سازند الیکا با لیتولوژی دولومیتی (lit47_0) هستند. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود لیتولوژی غالب در زمین لغزش‌ها، واحدهای آهکی



شکل (۷): نمودار مربوط به درصد سطحی هرکدام از مناطق پهنه‌بندی

داده می‌شود که در شیب‌های تند لایه‌های خاکی مستعد لغزش دارای ضخامت کم می‌باشند و امکان دارد ضخامت این لایه‌ها در شیب‌های خیلی تند، مختص به مقدار هوازگی موجود در سنگ بستر این لایه‌ها باشد ولی با این وجود احتمال لغزش‌های کم عمق^{۱۳} وجود دارد. همچنین پتانسیل لغزش‌های از نوع افتان^{۱۴} و واژگونی^{۱۵} در شیب‌های تند و

و دولومیتی با میان لایه هایی از خاکهای رسی و ماری است. این خاکها دارای خاصیت انبساط یافتگی و انقباض شدید در اثر جذب آب هستند، همچنین با جذب آب وزن توده افزایش می‌یابد و با غلبه بر نیروی اصطکاک و چسبندگی موجود در توده لغزشی، شکستگی در امتداد شیب دامنه گسترش می‌یابد و لغزش اتفاق می‌افتد.

به غیر از عواملی که در این پژوهش برای پهنه بندی خطر زمین لغزش مورد استفاده قرار گرفت می‌توان از عوامل دیگری همچون سطح آبهای زیرزمینی، تأثیر امواج زلزله ای، فاصله از راههای مواصلاتی و تأثیر فعالیت‌های انسانی و ... استفاده کرد که نیاز به مطالعات گسترده تر دارد.

در این پژوهش، کار پیش‌گویی با مدل رگرسیون لوژیستیک در دو مرحله مورد آزمایش قرار گرفت، بدین ترتیب که حساسیت مدل برای پیش‌گویی مناطق لغزشی و غیرلغزشی در دو مرحله تخمین زدن و آزمون مورد بررسی قرار گرفت. محاسبات نشان می‌دهد که ویژگی مدل در مرحله تخمین زدن برای مناطق غیرلغزشی ۹۱/۳ و لغزشی ۹۷/۵ و حساسیت کل ۹۴/۴ است. این نتایج برای مرحله آزمون ۹۲/۵ و ۹۳ و ۹۲/۷۵ است. باید خاطر نشان کرد که مناطق لغزشی و غیر لغزشی در مراحل آزمون و آزمایش در دامنه بزرگتری نسبت به پهنه بندی نهایی قرار دارند و مقادیر بزرگتر از صفر دارای ارزش لغزشی و مقادیر کمتر از صفر نیز مناطق پایدار در نظر گرفته شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود توانایی مدل برای پیش‌گویی مناطق لغزشی بیشتر از مناطق غیرلغزشی است.

نتایج حاصل از مدل رگرسیون لوژیستیک نشان می‌دهد که ۰/۷٪ از منطقه جزو مناطق لغزشی است و ۱٪ از منطقه بعنوان منطقه پایدار معرفی می‌شود و با توجه به تعداد نمونه هایی که در مرحله تخمین و آزمون در اختیار مدل قرار گرفت میزان برون یابی و تعمیم نتایج مدل برای پهنه بندی خطر زمین لغزش در خصوص مناطق پایدار و ناپایدار کم است و بیشتر اهمیت مدل برای پهنه بندی مناطق با خطرات متوسط است.

در یک جمع بندی، می‌توان چند مزیت را برای مدل رگرسیون لوژیستیک ذکر نمود. مهمترین مزیت این مدل توانایی تشخیص اهمیت و میزان تأثیر متغیرهای مستقل (پارامترهای تشخیصی) در پاسخ مدل است که امکان تجدید نظر در تعداد پارامترهای ورودی و حذف پارامترهای کم اثر را فراهم می‌سازد. دومین مزیت آسان بودن کارکردن با آن و عدم نیاز به رایانه های پیشرفته است به طوری که با یک

رایانه معمولی در کسری از ثانیه می‌توان یک گروه بزرگ از داده ها را تجزیه و تحلیل کرد.

با توجه به نتایج حاصل از این مدل در امر پهنه بندی، روش رگرسیون لوژیستیک یک متد آماری مفید برای توسعه نقشه های زمین لغزش می‌باشد و می‌توان از این روش در کنار سایر متدهای پهنه بندی استفاده کرد. به نظر می‌رسد توانایی این روش در شناسایی مناطق با خطر زمین لغزش کم (۲) و خطر زیاد (۴) نتایج قابل قبولی را ارائه می‌دهد ولی در شناسایی مناطق با خطر خیلی کم (۱) و خطر خیلی زیاد (۵) با مشکل مواجه می‌شود. بدین جهت توصیه می‌شود از این متد در راستای سایر روش‌ها استفاده شود

۸- تشکر و قدردانی

با تشکر فراوان از گروه مهندسی و گروه GIS سازمان زمین شناسی که ما را در انجام این تحقیق یاری رساندند.

۹- مراجع

- [۱] ایزانلو، الف. بررسی قابلیت داده‌های سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی برای پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای در آبریز رودخانه بیدوار، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد رشته سنجش از دور، دانشکده علوم جغرافیایی و سنجش از دور دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۶.
- [۲] راکعی، بابک، پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از سیستم شبکه عصبی مصنوعی، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی مهندسی، دانشکده علوم پایه ، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۲.
- [۳] شریعت جعفری، محسن، زمین لغزش(اصول و پایداری شیبهای طبیعی)، انتشارات سازه، ۱۳۷۶.
- [۴] کمک پناه، علی، منتظرالقائم، س. و چدنی، ا.ج. پهنه بندی زمین لغزه در ایران، جلد اول: زمین لغزه و مروری بر زمینلغزه های ایران، تهران، موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۷۳.
- [۵] کمک پناه، علی و منتظرالقائم، س. مجموعه مقالات اولین کارگاه تخصصی بررسی راهبردهای کاهش خسارات زمینلغزه در کشور، تهران، موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۷۳.
- [۶] گی، ام.دی. ۱۹۹۲. طبقه‌بندی روشهای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش و اندازه‌گیری توانایی پیش‌بینی آنها، مترجم: مهدویفر، محمد رضا، تهران، وزارت جهاد سازندگی، معاونت آبخیزداری، دفتر مطالعات و ارزیابی آبخیزها، ۱۳۷۵.
- [۷] معاریان، حسین، زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک، تهران، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، ۱۳۷۴.
- [۸] Aleotti, P., Chawdhury, R., *Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives*. Bull Eng. Geol. Environ., 58:21-44, 1999.
- [۹] Anabalagan, R., *Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain*. Eng. Geol.,

- Pachauri, A.k., Pant, M., *Landslide hazard mapping based on geological attributes*, Eng. Geol., 32:81-100, 1992. [۱۶]
- Pachauri, A.K., Gupa, P.V., Chander, R., *Landslide zoning in a part of the Garhwal Himalayas*. Environ. Geol., 36(3-4):325-334, 1998. [۱۷]
- TC4, ISSMFE, *Manual for Zonation on Seismic geotechnical Hazard*, 1993. [۱۸]
- Uromeihy, A., MahdaviFar, M. R., *Landslide hazard zonation of Khorshrostan area, Iran*. Bull. Eng. Geol. Environ., 58:207-213, 2000. [۱۹]
- Van Western, C.J., Rengers, N., Terlien, M.T.J., Soeters, R., *Prediction of the occurrence of slope instability phenomena through GIS-based hazard zonation*. Geol. Rundsch 86:404-414, 1997. [۲۰]
- 32:269-227, 1992.
- Anabalagan, R., Singh, B., *Landslide hazard and risk assessment mapping of mountainous terrains – a case study from kumaun himalaya, India*. Eng. Geol., 43:237-246, 1996. [۱۰]
- Carrara, A., Cardinali, M., Detti, R., Guzzetti, F., Pasqui, V., Reichenbach, P., *GIS techniques and statistical model in evaluating landslide*, 1991. [۱۱]
- Chacon, Je., Irigaray, C., Fernandez, T. *Large to Middle Scale Landslide inventory analysis & Mapping with modeling in a GIS*. 7th international IAEG congress, pp. 4669-4678, Balkema, Rotterdam, 1994. [۱۲]
- CRED (Centre for Research in the Epidemiology of disasters) Available at <http://www.cred.be/emdat/intro.html>, 2000. [۱۳]
- IFRC (International Federation of Red Crescent Societies) *World Disasters Report 2000*. Available at: <http://www.ifrc.org>. 2000. [۱۴]
- Juang, C.H., Lee, D.H., Sheu, C., *Mapping slope failure potential using fuzzy sets*. J. Geotech. Eng., ASCE, 118(3):475- 493 (1992) [۱۵]

زیر نویسها

- ^۱ Linear probability model
- ^۲ Conditional expectation
- ^۳ Conditional probability
- ^۴ Cumulative Distribution Function, CDF
- ^۵ Digital Elevation Model
- ^۶ Estimation
- ^۷ Validation
- ^۸ Chi square
- ^۹ Sensitivity
- ^{۱۰} Specificity
- ^{۱۱} Cutoff
- ^{۱۲} Landslide inventory map
- ^{۱۳} Shallow landslides
- ^{۱۴} Rock falls
- ^{۱۵} Rock falls
- ^{۱۶} Toppling