تهیه نقشه حساسیت به وقوع زمین لغزش با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره (مطالعه موردی: حوزه سد ایلام)

پ. گرایی[۱]، ح. کریمی[۲] و م. توکلی[۳]

چکیده

در سالهای اخیر، وقوع زمین لغزشها در مناطق مختلف کشور به دلایل گوناگون از جمله تغییر در استفاده از زمین و احداث جاده افزایش یافته است. از این رو بررسی و تحقیق در خصوص این پدیده، ارزیابی عوامل موثر و همچنین شناسایی مناطق حساس برای پیشگیری یا اجتناب از خسارات ناشی از آن به خوبی احساس می شود. به همین منظور تحقیق حاضر در حوزه سد ایلام با مساحتی حدود ۴۷۶ کیلومتر مربع انجام گرفت. در مراحل اولیه این تحقیق پس از بررسیهای میدانی، ۷ عامل سنگ شناسی، شیب دامنه، جهت دامنه، فاصله از گسل، جاده، شبکه زهکشی و کاربری اراضی به عنوان عوامل موثر اولیه در وقوع زمین لغزش های منطقه تشخیص داده شدند. سپس لایه های اطلاعاتی مربوطه در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی و با استفاده از نرم افزار Arc view تهیه و هر کدام از این لایه ها با لایه اطلاعاتی پراکنش زمین لغزش ها قطع داده شد. تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده نشان داد، عامل جهت دامنه تاثیر کمی در وقوع زمین لغزشهای منطقه دارد. سپس با استفاده از ۶ عامل باقی مانده نقشه واحدهای همگن تهیه و به منظور کمی کردن عوامل و وزن دهی آنها از درصد سطح لغزش یافته در واحدهای مختلف استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از رگرسیون چند متغیره انجام گرفت. در نهایت مدلی با حذف عامل فاصله از گسل و کاربری اراضی برای منطقه ارائه گردید، که در آن عوامل جاده، شیب، شبکه زهکشی و زمین شناسی به ترتیب بیشترین تاثیر را روی زمین لغزشهای رخ داده داشته اند.

واژه های کلیدی: زمین لغزش، پهنه بندی خطر، رگرسیون چند متغیره، سیستم اطلاعات جغرافیایی، حوزه آبخیز سد ایلام

۱- کارشناس ارشد اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان ایلام
۲- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام
۳- مربی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

مقدمه

زمین‌لغزش در دنیا بعنوان یک بلای طبیعی، سالانه خسارات جانی و مالی فراوانی وارد می سازد. در ایران نیز تعداد زیادی از استانهای کشور از جمله استان ایلام با این پدیده به شدت مواجه هستند. پدیده زمین لغزش در استان ایلام با گسترش و قدمت بیشتری نسبت به بسیاری از نقاط کشور قابل تعقیب، مشاهده و مطالعه است و می توان گفت که پدیده مذکور در تمام نقاط استان بجز دشتهای جنوبی و جنوب غربی مشاهده می گردد. بزرگترین زمین لغزش دنیا به موازات یال شمالی تاقدیس کبیرکوه و در امتداد رودخانه سیمره در این استان بوقوع پیوسته است علایی طالقانی (۲). اغلب زمین لغزشهای قدیمی و فعال کنونی استان در امتداد تاقدیس کبیرکوه قراردارند. که حوزه سد ایلام نیز در این منطقه واقع گردیده است.

در حوزه سد ایلام رخداد لغزشها روی دامنه های مشرف به جاده های حوزه باعث خطر آفرینی در مسیر این جاده ها شده و همچنین لغزش در کنار رودخانه های شاخه آفتاب و چم گردلان باعث وارد شدن رسوبات حاصل از لغزشها به درون این رودخانه ها شده و در نهایت این رسوبات در پشت دریاچه سد جمع شده و موجب کاهش عمر مفید سد می شوند این رسوبات باعث تخریب تاسیسات احداث شده در مسیر آب شرب به شهر ایلام می شوند که اهمیت حیاتی برای این شهر دارد.

بنابراین لازم است که با توجه به نکته های ذکر شده در بالا برای مدیریت صحیح این حوزه با شیوه ها و روشهایی این مناطق را در سطح حوزه شناسایی کرده و از ایجاد خسارتهای مالی و جانی توسط آنها جلوگیری کرد.

روشهای متعددی در زمینه پهنه بندی خطر زمین لغزش وجود دارد، که اکثر آنها تجربی می باشند و برای مناطقی با شرایط خاص ارائه شده اند. در سالهای اخیر، روشها از حالت کیفی و تجربی خارج شده و از روشهای آماری وکمی استفاده می شود. یکی از این روشها روش آماری رگرسیون چند متغیره خطی[1] است. در این روش، ارتباط متقابل بین عوامل موثر در نظر گرفته شده و میزان تاثیر هر یک از عوامل در وقوع زمین لغزشها به طور کمی بیان می شود گازتی و همکاران (۷). در این زمینه می توان به تحقیقات صورت گرفته زیر اشاره نمود.

کامپوس و سکاویا (۴) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در تجزیه و تحلیل عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش تاکید کرده اند. آنها از دو روش تجزیه و تحلیل آماری دو متغیره و چند متغیره جهت تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش استفاده کرده اند.

کارارا و همکاران (۵) با استفاده از روش آماری رگرسیون چند متغیره خطی واحدهای دامنه ای پایدار و ناپایدار را در ایتالیا طبقه بندی کردند و نتایج حاصل از آن را مثبت ارزیابی نمودند. آیالیو و یاماگیشی (۳) با استفاده از روش رگرسیون لجستیک و سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه حساسیت به زمین لغزش را در کوههای کاکودا یاهیکو[2] مرکز

1- Linear Multiple Regression

2- Kakuda-Yahiko

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

ژاپن تهیه کردند و اظهار داشتند که شبکه های جاده نقش اساسی در تعیین و توزیع زمین لغزشها بازی می کنند و در میان پارامترهای ژئومرفولوژیکی شیب نقش بیشتری در وقوع زمین لغزشها در منطقه داشته است. کوماک (۱۰) با استفاده از آنالیز آماری چند متغیره روابط متقابل بین عوامل دخیل در زمین لغزشها و توزیع زمین لغزشها را در منطقه ای در مرکز اسلوونی مورد آزمون قرار دادند. نتایج نشان داد که شیب، سنگ شناسی و نوع پوشش نقش بیشتری در وقوع زمین لغزش داشته اند. حسن زاده نفوتی (۸) عمل پهنه بندی خطر زمین لغزش را با در نظر گرفتن عوامل سنگ شناسی، شیب دامنه، بارندگی و کاربری اراضی در حوزه آبخیز شلمانرود گیلان انجام داده و با به کارگیری روش رگرسیون چند متغیره و حذف عامل بارندگی نقشه پهنه بندی نهایی را تهیه کرد. در نهایت برای ارزیابی صحت مدل آن را روی حوزه آبخیز کیارود اعمال کرده و نتایج به دست آمده را قابل قبول ارزیابی نمود. احمدی و همکاران (۱) حوزه آبخیز گرمی‌چای اردبیل را با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره پهنه بندی نمودند و اظهار داشتند که در وقوع زمین لغزشهای رخ داده کاربری اراضی، سنگ شناسی و شیب به ترتیب بیشترین تاثیر در این منطقه داشته اند. سفیدگری (۱۱) در حوزه آبخیز دماوند ۸ روش را برای پهنه بندی خطر زمین لغزش مورد ارزیابی قرار داده و در نهایت به این نتیجه رسید که روشهای آماری، ارزش اطلاعاتی و رگرسیون چند متغیره نتایج قابل قبول و رضایت بخشی را ارائه می نمایند. کلارستاقی (۹) در بررسی که در مورد عوامل موثر در وقوع زمین لغزش و پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوزه آبخیز شیرین رود- تجن در استان مازندران پرداختند به این نتیجه رسیدند که از بین ۹ عامل ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت، بارندگی، کاربری زمین، زمین شناسی، فاصله از جاده، فاصله از گسل و فاصله از شبکه هیدروگرافی دارای تاثیر کم در وقوع زمین لغزشها بوده اند. گرایی (۶) در تحقیقی در حوزه آبخیز لاجیم رود ساری بیان کردند عوامل زمین شناسی، کاربری اراضی، شیب و فاصله از جاده به ترتیب بیشترین تاثیر را بر لغزشهای رخ داده در این منطقه داشته اند. در پایان برای ارزیابی صحت مدل به دست آمده آن را برای حوزه آبخیز مجاور (ورکی) که از لحاظ سنگ شناسی، توپوگرافی، پوشش گیاهی و اقلیم مشابه حوزه مورد نظر بود به کار برد و نتایج حاصل از مدل را رضایت بخش اعلام نمود.

با توجه به تحقیقات صورت گرفته در ایران و خارج از کشور نتایج حاصل از روشهای آماری مثبت ارزیابی شده است و روابطی که ارائه گردیده به صورت کمی بوده که از روابط بین عاملهای کنترل کننده در زمین لغزش و زمین لغزشها به دست می‌آیند.

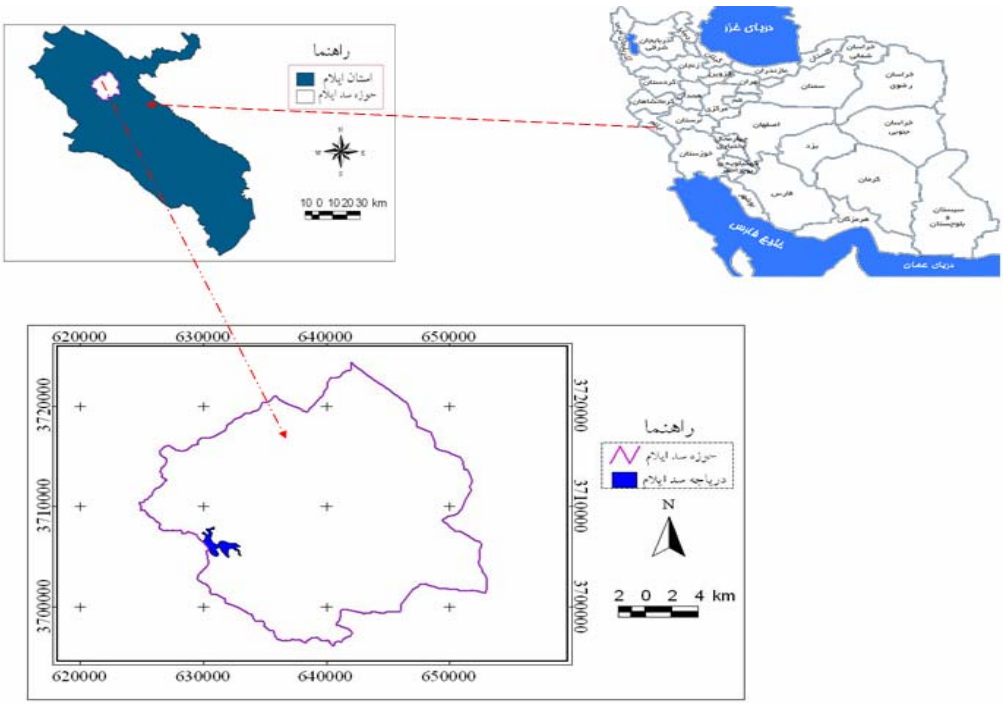
به طور کلی مهمترین اهدافی که در این تحقیق دنبال می گردد ارائه مدل منطقه ای با استفاده از رگرسیون چند متغیره و تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوزه مورد مطالعه می باشد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

مواد و روشها

حوزه آبخیز سد ایلام در شرق شهرستان ایلام قرار داشته و از لحاظ تقسیمات سیاسی جزء محدوده شهرستانهای ایلام و مهران محسوب می شود. حوزه سد ایلام دارای مختصات جغرافیای طول شرقی "۳۰ ´۲۰ °۴۶ تا "۳۳ ´۳۹ °۴۶ و عرض جغرافیایی شمالی "۳۲ ´۲۳ °۳۳ تا "۵۱ ´۳۸ °۳۳ می باشد. مساحت آن ۴۷۶/۷۵۱ کیلومتر مربع برآورد شده است. میانگین بارندگی دورهٔ آماری ۳۰ ساله (۱۳۸۵-۱۳۵۶) ۵۹۵/۱ میلی متر و میانگین دما در همین دوره ۱۶/۸ درجه سانتی‌گراد می باشد. از لحاظ پوشش بیشتر سطح حوزه توسط اراضی مرتعی پوشیده شده است. از لحاظ زمین شناسی سازند پابده با ۲۵ درصد، سازند ایلام با ۱۲ و سازند آسماری با ۱۰ درصد کل سطح حوزه بیشترین سطح را به خود اختصاص داده‌اند. بیشترین لغزشهای رخ داده روی سازندهای حساس پابده و گورپی متمرکز گردیده‌اند. شکل ۱ موقعیت حوزه سد ایلام را در استان ایلام و ایران نشان می‌دهد.

در این تحقیق ابتدا با انجام عملیات صحرایی اقدام به ثبت مشخصات هر یک از زمین لغزشها در پرسشنامه های که توسط دفتر مطالعات و ارزیابی آبخیزها تهیه شده است گردید، در نهایت ۴۳ زمین لغزش در منطقه ثبت شد. برای تعیین موقعیت هر یک از زمین لغزشهای رخ داده در منطقه از دستگاه موقعیت یاب جهانی (GPS) استفاده گردید. موقعیت و مشخصات لغزشهای به وقوع پیوسته در جدول ۱ آمده است.



شکل ۱- موقعیت حوزه سد ایلام در استان ایلام و ایران.

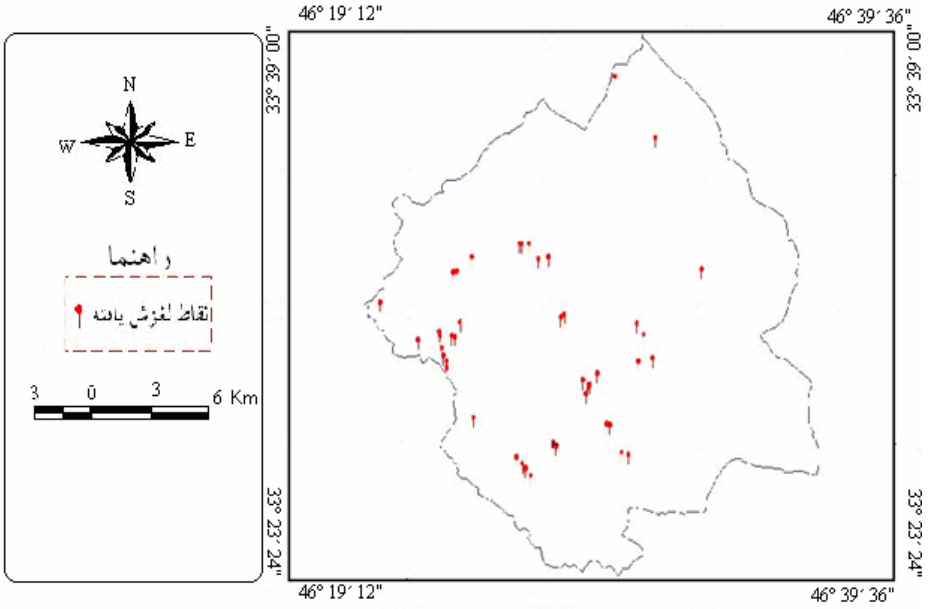
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

جدول ۱- مشخصات لغزشهای رخ داده در حوزه سد ایلام

ردیف	مختصات جغرافیایی لغزشهای رخ داده (UTM)		شیب	سنگ شناسی	نوع استفاده از	فاصله از گسل	فاصله از جاده	فاصله از شبکه
	X	Y	(درصد)		زمین	(متر)	(متر)	زهکشی (متر)
۱	۶۴۰۴۱۶	۳۷۲۱۹۸۷	<۳۰	پابده	مرتع	۱۰۰۰-۲۰۰۰	<۳۰۰	<۳۰۰
۲	۶۴۲۹۴۳	۳۷۱۸۷۸۸	۲۰-۳۰	پابده	مرتع	۱۰۰۰-۲۰۰۰	<۳۰۰	۰-۱۰۰
۳	۶۳۴۹۷۸	۳۷۱۳۲۸۶	۱۰-۱۵	گورپی	مرتع	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۰-۱۰۰	۰-۱۰۰
۴	۶۳۴۴۹۸	۳۷۱۳۲۸۶	۰-۵	گورپی	جنگل	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۰-۱۰۰	۰-۱۰۰
۵	۶۳۴۳۷۰	۳۷۱۳۲۵۴	۰-۵	گورپی	جنگل	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۰-۱۰۰	۰-۱۰۰
۶	۶۳۶۱۹۴	۳۱۲۵۵۰	۱۵-۲۰	گورپی	جنگل	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۰-۱۰۰	۰-۱۰۰
۷	۶۳۵۵۲۲	۳۷۱۲۴۸۶	۱۵-۲۰	گورپی	جنگل	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۰-۱۰۰	۰-۱۰۰
۸	۶۳۱۳۳۱	۳۷۱۲۵۸۲	۱۵-۲۰	دیگر سازندها	مرتع	۰-۱۰۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۰-۱۰۰
۹	۶۳۰۳۷۲	۳۷۱۱۸۴۶	۵-۱۰	گورپی	مرتع	۰-۱۰۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۰-۱۰۰
۱۰	۶۳۰۱۴۸	۳۷۱۱۷۸۲	۲۰-۳۰	گورپی	مرتع	۰-۱۰۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۰-۱۰۰
۱۱	۶۲۵۵۴۱	۳۷۱۰۲۴۷	۱۰-۱۵	دیگر سازندها	مرتع	۱۰۰۰-۲۰۰۰	<۳۰۰	۲۰۰-۳۰۰
۱۲	۶۲۷۹۴۱	۳۷۰۸۲۶۴	۵-۱۰	دیگر سازندها	جنگل	۰-۱۰۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۲۰۰-۳۰۰
۱۳	۶۲۹۲۵۲	۳۷۰۸۶۷۹	۱۰-۱۵	دیگر سازندها	مرتع	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۰-۱۰۰	۰-۱۰۰
۱۴	۶۲۹۳۱۶	۳۷۰۸۴۸۸	۱۰-۱۵	دیگر سازندها	مرتع	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۰-۱۰۰	۰-۱۰۰
۱۵	۶۳۰۵۹۶	۳۷۰۹۱۵۹	۲۰-۳۰	پابده	کشاورزی دیم	۰-۱۰۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۱۰۰-۲۰۰
۱۶	۶۳۰۰۸۴	۳۷۰۸۴۸۸	۲۰-۳۰	گورپی	مرتع	۰-۱۰۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۰-۱۰۰
۱۷	۶۳۰۲۷۶	۳۷۰۸۳۹۲	۱۵-۲۰	گورپی	مرتع	۰-۱۰۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۰-۱۰۰
۱۸	۶۲۹۴۴۴	۳۷۰۷۸۴۸	۰-۵	گورپی	مرتع	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۰-۱۰۰	۱۰۰-۲۰۰
۱۹	۶۲۹۵۰۸	۳۷۰۷۴۳۲	۲۰-۳۰	گورپی	جنگل	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۱۰۰-۲۰۰
۲۰	۶۲۹۷۳۲	۳۷۰۷۱۱۲	۲۰-۳۰	گورپی	مرتع	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۱۰۰-۲۰۰
۲۱	۶۲۹۷۶۴	۳۷۰۶۶۹۶	۲۰-۳۰	پابده	مرتع	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۱۰۰-۲۰۰
۲۲	۶۳۷۱۸۵	۳۷۰۹۵۷۵	<۳۰	گورپی	مرتع	۰-۱۰۰۰	۱۰۰-۲۰۰	<۳۰۰
۲۳	۶۳۶۹۹۳	۳۷۰۹۴۴۷	۵-۱۰	گورپی	مرتع	۰-۱۰۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۲۰۰-۳۰۰
۲۴	۶۴۱۷۹۲	۳۷۰۹۰۹۵	۱۵-۲۰	گورپی	کشاورزی آبی	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۰-۱۰۰	<۳۰۰
۲۵	۶۴۲۱۷۵	۳۷۰۸۵۲۰	۱۵-۲۰	دیگر سازندها	کشاورزی آبی	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۰-۱۰۰
۲۶	۶۴۲۷۸۳	۳۷۰۷۲۷۲	۵-۱۰	پابده	کشاورزی دیم	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۰-۱۰۰
۲۷	۷۴۱۸۵۵	۳۷۰۷۱۴۴	۲۰-۳۰	پابده	جنگل	۰-۱۰۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۰-۱۰۰
۲۸	۶۳۹۲۶۴	۳۷۰۶۴۷۲	۱۵-۲۰	پابده	جنگل	۱۰۰۰-۲۰۰۰	<۳۰۰	۰-۱۰۰
۲۹	۶۳۸۳۶۹	۳۷۰۶۱۸۴	۱۵-۲۰	گورپی	مرتع	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۰-۱۰۰
۳۰	۶۳۸۸۱۷	۳۷۰۵۸۹۶	۲۰-۳۰	پابده	مرتع	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۰-۱۰۰
۳۱	۶۳۸۶۸۹	۳۷۰۵۸۳۲	۲۰-۳۰	پابده	مرتع	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۰-۱۰۰
۳۲	۶۳۸۵۲۹	۳۷۰۵۴۴۹	۰-۵	گورپی	مرتع	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۰-۱۰۰
۳۳	۶۳۹۸۴۰	۳۷۰۳۸۸۱	۱۰-۱۵	گورپی	مرتع	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۱۰۰-۲۰۰
۳۴	۶۴۰۰۹۶	۳۷۰۳۸۱۷	۱۰-۱۵	گورپی	مرتع	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۰-۱۰۰	۱۰۰-۲۰۰
۳۵	۶۴۱۲۴۸	۳۷۰۲۲۱۸	۲۰-۳۰	گورپی	مرتع	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۰-۱۰۰	۰-۱۰۰
۳۶	۶۴۰۸۳۲	۳۷۰۲۴۱۰	۱۵-۲۰	گورپی	مرتع	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۰-۱۰۰	۰-۱۰۰
۳۷	۶۳۶۶۷۳	۳۷۰۲۷۳۰	۰-۵	پابده	مرتع	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۰-۱۰۰	۰-۱۰۰
۳۸	۶۳۶۵۱۳	۳۷۰۲۸۵۸	۱۵-۲۰	پابده	مرتع	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۰-۱۰۰	۰-۱۰۰
۳۹	۶۳۱۴۲۷	۳۷۰۴۲۳۳	۵-۱۰	گورپی	مرتع	۰-۱۰۰۰	۰-۱۰۰	۰-۱۰۰
۴۰	۶۳۴۱۷۸	۳۷۰۲۱۲۲	۱۵-۲۰	دیگر سازندها	مرتع	۰-۱۰۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۰-۱۰۰
۴۱	۶۳۴۵۳۰	۳۷۰۱۸۳۴	۲۰-۳۰	دیگر سازندها	کشاورزی دیم	۰-۱۰۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۰-۱۰۰
۴۲	۶۳۴۷۵۴	۳۷۰۱۵۴۶	۲۰-۳۰	دیگر سازندها	کشاورزی دیم	۰-۱۰۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۰-۱۰۰
۴۳	۶۳۵۰۷۴	۳۷۰۱۱۶۲	۱۰-۱۵	دیگر سازندها	کشاورزی آبی	۰-۱۰۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۰-۱۰۰

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

پس از تهیه مختصات جغرافیایی زمین لغزشها این مختصات توسط نرم افزارهای DNR Garmin و Arc view رقومی و وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی گردید (شکل ۲).



شکل ۲- نقشه پراکنش زمین لغزشها.

با توجه به اطلاعات موجود در پرسشنامه ها و همچنین بررسی مطالعات انجام شده در منطقه و استفاده از تجربیات افراد بومی، هفت عامل شامل شیب دامنه، جهت دامنه، زمین شناسی، کاربری اراضی، جاده، گسل و شبکه زهکشی به عنوان عوامل موثر اولیه تشخیص داده شدند. بعد از تهیه لایه های عوامل موثر اولیه ذکر شده در محیط سامانه اطلاعات جغرافیای این لایه ها کلاسه بندی گردیدند. برای این منظور در مورد برخی از کلاسه های عوامل مختلف مانند طبقات ارتفاعی و شیب از نمودار فراوانی تجمعی پیکسلها در مقابل ارزش هر پیکسل استفاده شده است. که یک روش منطقی برای طبقه بندی کردن نقشه ها بوده و دخالت کارشناس در آن به حداقل می‌رسد و در واقع روشی است که با الگو گرفتن از وضعیت زمینی منطقه انجام می گیرد کلارستاقی (۹). روی این نمودار مناطقی که شیب منحنی تغییر پیدا کرده است را به عنوان مرز یک کلاس با کلاس دیگر در نظر می گیرند. در مرحله بعد به منظور تعیین نرخ هر کلاس نقشه پراکنش زمین لغزشها با لایه های مختلف قطع داده شد. بعد از این عمل نتایجی به شرح زیر برای چند سری از عوامل مشخص گردید.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

در مورد عامل جهت دامنه، نقشه پراکنش زمین لغزشها را روی آن انداخته مشاهده گردید که بیشتر زمین لغزشها در جهت شرقی رخ داده است با توجه به اینکه از نظر طبیعی باید وقوع لغزش در جهت شمال بیشتر باشد، با مراجعه به محتویات پرسشنامه ها مشخص گردید که شرایط غیرطبیعی در مورد عامل جهت، تحت تاثیر عوامل انسانی نظیر ایجاد راهها بوده است. لذا با توجه به اینکه هر کدام از عوامل انسانی نیز به صورت منفرد به عنوان عوامل موثر در نظر گرفته شده اند به این منظور از عامل جهت شیب در مرحله پهنه بندی نهایی چشم پوشی شد. همچنین بعد از تهیه نقشه سنگ شناسی از روی نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ شیت ایلام کوهدشت در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی مشاهده گردید که در تمامی ۹ سازند موجود در حوزه زمین لغزش اتفاق نیافتاده است بنابراین نقشه سنگ شناسی به سه طبقه تقلیل داده شد. به طوری که سازندهایی که زمین لغزش در آنها خیلی کم رخ داده بود و یا فاقد زمین لغزش بودند در یک طبقه قرار گرفتند و سازندهایی که زمین لغزش در آنها اتفاق افتاده بود هر کدام به صورت یک واحد جداگانه قرار گرفتند. آیالیو و یاماگیشی (۳) در حوزه کاکودا یاهیکو در ژاپن، احمدی (۱) در حوزه گرمی چای اردبیل و حسن زاده نفوتی (۸) در حوزه شلمانرود گیلان برای نقشه زمین شناسی چنین عملی را انجام دادند. این نقشه در نهایت برای تلفیق با دیگر نقشه ها استفاده گردید. برای پهنه بندی خطر زمین لغزش حوزه آبخیز سد ایلام از روش رگرسیون چند متغیره در نهایت شش متغیر شامل شیب، سنگ شناسی، کاربری زمین، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه و فاصله از شبکه جاده انتخاب شدند.

کمی کردن عوامل

برای تجزیه و تحلیل اثرات هر کدام از عوامل موثر در ایجاد زمین لغزش و نیز کمی کردن و وزن دهی به عوامل به طریق رگرسیون چند متغیره نیاز به نقشه واحدهای همگن[1] می باشد. بدین صورت که کارشناس پس از تهیه انواع نقشه های مربوطه با توجه به متغیرهایی که می خواهد اثرات آنها را در وقوع زمین لغزشها بسنجد و نسبت به هم مقایسه کند نقشه های مربوط به این متغیرها را روی هم انداخته و واحدهای همگن به دست می آید. این کار از طریق نرم افزار Arc View قابل انجام است. واحدهای همگن واحدهای هستند که دارای خصوصیات مشترکی از نظر سنگ شناسی، کاربری زمین، فاصله از شبکه زهکشی، فاصله از شبکه جاده، فاصله از گسل و شیب دامنه می باشند و به واسطه داشتن اختلاف با واحدهای مجاور خود از نظر یکی از عوامل ذکر شده از آنها متمایز می شوند.

کمی کردن عوامل و وزن دهی به طبقات مختلف آنها با توجه به درصد سطح لغزش یافته در واحدهای همگنی صورت می گیرد که از نظر تمامی عوامل در نظر گرفته شده مشابه بوده و به واسطه تغییر تنها یکی از عوامل متفاوت می باشند. به این منظور ابتدا نقشه واحدهای همگن و نقشه پراکنش زمین لغزشها را روی هم انداخته و مساحت زمین لغزشهای

1- Homogene Unit

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

موجود در هر واحد همگن به دست می آید. نسبت مساحت لغزشها به مساحت واحد همگن به عنوان Y در نظر گرفته می شود که در واقع بیانگر درصد سطح لغزیده شده در هر واحد همگن می باشد و به این دلیل درصد سطح لغزش یافته مد نظر است که می توان اثر هر کدام از عوامل کلیدی یا برتر را نسبت به درصد سطح لغزش یافته مقایسه کرد که در اینجا Y تابعی از هر کدام از عوامل موثر خواهد بود. به عنوان مثال اگر کمی کردن اثر عامل کاربری اراضی با ۴ کلاس جنگل، مرتع، اراضی آبی و اراضی دیم مد نظر باشد به صورت زیر عمل می نماییم.

ابتدا نقشه واحدهای همگن و نقشه پراکنش زمین لغزشها را روی هم انداخته و مساحت زمین لغزشهای موجود در هر واحد همگن به دست می آید. نسبت مساحت لغزشها به مساحت واحد همگن به عنوان Y در نظر گرفته می شود. سپس واحدهای همگنی را که از نظر پنج عامل سنگ شناسی، شیب، فاصله از گسل، فاصله از شبکه زهکشی و فاصله از جاده مشابه بوده و تنها به واسطه کلاسه های مختلف عامل کاربری از هم مجزا شده اند در نظر گرفته و مقدار Y در آنها مقایسه می شود. مثلاً در جدول (۲) واحد همگن ۲۵۳۵۲۲ که کلاسه های عوامل آن به ترتیب شامل کاربری اراضی کلاس ۲ (اراضی جنگلی)، فاصله از شبکه زهکشی کلاس ۵ (۱۰۰-۰متر)، شیب کلاس ۳ (۱۵-۱۰ درصد)، عامل فاصله از جاده کلاس ۵ (۱۰۰-۰متر)، عامل سنگ شناسی کلاس ۲ (سازند پابده) و عامل فاصله از گسل کلاس ۲ (۲۰۰۰-۱۰۰۰متر) می باشد و واحد همگن ۴۵۳۵۲۲ که کلاسه های آن به ترتیب شامل کاربری اراضی کلاس ۴ (اراضی مرتعی)، فاصله از شبکه زهکشی کلاس ۵ (۱۰۰-۰متر)، شیب کلاس ۳ (۱۵-۱۰ درصد)، عامل فاصله از جاده کلاس ۵ (۱۰۰-۰متر)، عامل سنگ شناسی کلاس ۲ (سازند پابده) و عامل فاصله از گسل کلاس ۲ (۲۰۰۰-۱۰۰۰ متر) می باشد از نظر تمامی عوامل مشابه می باشند و فقط عامل کاربری در این دو واحد همگن متفاوت می باشد.

پس از برآورد میانگین درصد سطح لغزش یافته در کلاسه های مختلف هر یک از عوامل در واحدهای مقایسه شده در این مرحله از کار برای وزن دهی به کلاسه های مختلف کلاسی که بیشترین درصد سطح لغزش یافته را داراست امتیاز ۱۰ داده و بقیه کلاسه ها به صورت نسبتی از این کلاس امتیاز داده می شود. بدین ترتیب با در نظر گرفتن کد ۱۰ برای کلاس ۴ (مرتع) که بیشترین میانگین درصد سطح لغزش یافته را داشته است و با توجه به رابطه های بالا مقادیر ۲/۱۳ برای کلاس یک (اراضی دیم)، ۲/۵ برای کلاس دو (اراضی جنگلی) و ۰/۴۵ برای اراضی آبی به دست می آید. جدول ۱ قسمتی از روش تعیین وزن برای کاربری اراضی را نشان می‌دهد. به این ترتیب برای سایر عوامل نیز رابطه های مشابهی به دست می آید که می‌توان کلاسه های مختلف آنها را کد گذاری نمود.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

جدول ۲- کمی کردن اثر عامل کاربری اراضی در وقوع زمین لغزش

کلاس کاربری اراضی / واحد همگن	کلاس ۱ (اراضی دیم)	کلاس ۲ (اراضی جنگلی)	کلاس ۳ (اراضی آبی)	کلاس ۴ (اراضی مرتعی)
-۵۳۵۲۲	-	۰	۰	۰/۰۸۱
-۴۱۵۲۲	۰	۰/۱۰۷	۰	۰/۰۶۳
-۴۵۴۳۳	-	۰/۰۶۵	-	-
-۴۲۴۱۳	۰	۰	۰/۰۵۸	۰/۱۴۱
-۱۳۲۱۳	۰	۰	۰	۰/۱۶۷
-۴۱۳۱۱	۰/۰۷۹	۰	۰/۱۰۵	۰/۱۲۱
-۴۱۲۲۱	۰/۰۸۸			۰/۳۲
الی آخر	...	...	....	...
مجموع سطح لغزیده شده	۰/۲۰۲	۰/۷	۰/۰۵۸	۲/۵۴
کد	۰/۸	۲/۷۵	۰/۳	۱۰

در واحدهای همگن جدول فوق نماد (-) به مفهوم این است که این واحد در حوزه وجود ندارد و نماد (صفر) در هر کلاس کاربری اراضی به مفهوم آن است که هیچ لغزشی در آن مشاهده نشده و ارقام درج شده بیانگر مجموع سطوحی است که دچار لغزش شده است.

تجزیه و تحلیل آماری

پس از دستیابی به نرخ های مربوط به طبقات هر یک از عوامل، این اطلاعات برای ۱۵۱ واحد همگن به صورت ۱۵۱ تکرار و ۵ تیمار کاربری زمین، سنگ شناسی، شیب، فاصله از گسل، فاصله از شبکه زهکشی و فاصله از جاده به محیط نرم افزار SPSS 11.5 منتقل گردید. از بین روشهای رگرسیون چند متغیره روش Backward با سطح اطمینان بیش از ۹۰ درصد برای هر یک از عوامل انتخاب شد. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل رگرسیون چند متغیره، برای عوامل گسل و کاربری اراضی ضریب معنی داری کمتر از ۹۰ درصد (حدود ۷۰ درصد) به دست آمد که نشان دهنده آن است که از نظر آماری رابطه قوی با درصد سطح لغزش یافته در واحدهای همگن نداشته اند و از معادله نهایی حذف گردیدند، ولی عوامل فاصله از جاده، شیب دامنه، فاصله از شبکه زهکشی و سنگ شناسی در سطح اعتماد بین ۹۰ تا ۱۰۰ درصد معنی دار هستند (جدول ۳). رابطه (۱) نتیجه نهایی حاصل از تجزیه و تحلیل آماری به دست آمده را نشان می دهد.

رابطه (۱)

$$Y = 0.118x_1 + 0.127x_2 + 0.25x_3 + 0.096x_4$$

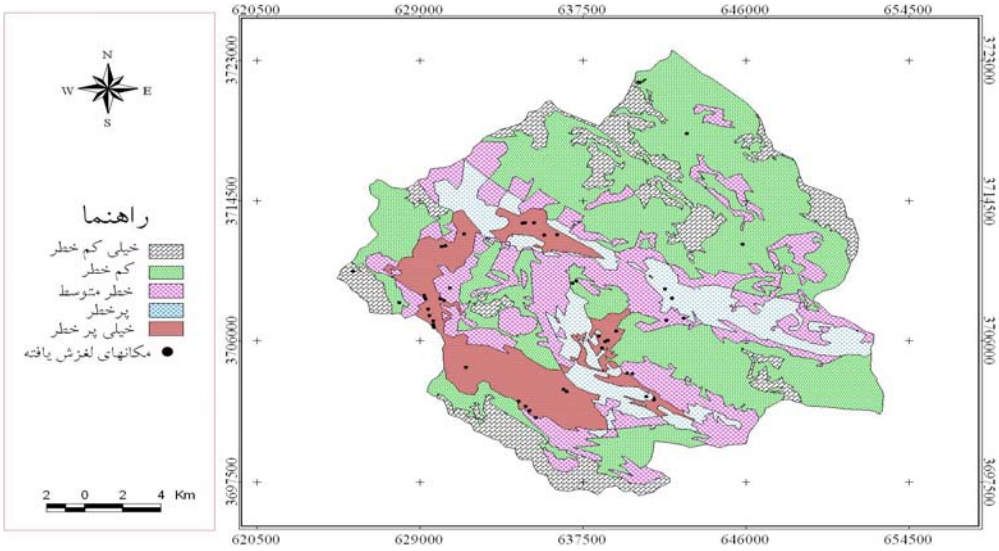
که در آن Y = عامل حساسیت به لغزش زمین، x_1 = عامل رودخانه، x_2 = عامل شیب، x_3 = عامل جاده سازی، x_4 = عامل سنگ شناسی می‌باشند.

بعد از به دست آمدن رابطه (۱) این مدل در کلیه واحدها اعمال شد و سپس نقشه به دست آمده از نظر حساسیت به زمین لغزش به پنج کلاس مساوی تقسیم بندی گردید. شکل (۳) نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش حوزه سد ایلام با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره را نشان می دهد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

جدول ۳- نتایج تجزیه وتحلیل آماری

عوامل موثر در زمین لغزش	وزن عامل	سطح معنی داری
جاده	۰/۲۵	۰/۰۰۲
شیب	۰/۱۲۶	۰/۰۵۸
رودخانه	۰/۱۱۸	۰/۰۶۹
لیتولوژی	۰/۰۹۶	۰/۰۹۴



شکل ۳- نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش.

نتایج و بحث

روشی که برای پهنه بندی خطر زمین لغزش در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت یک روش کمی بوده و نسبت به روشهای کیفی مزیتهای دارد. در روش رگرسیون چند متغیره رابطه بین تک تک عوامل با متغیر وابسته Y و نیز نسبت به همدیگر به صورت رگرسیون خطی در نظر گرفته می شود و تغییر در عوامل مختلف بر روی همدیگر تاثیر گذار خواهد بود و در نهایت برای مدلی که برآورد می شود عواملی انتخاب می شود که ضریب معنی داری بالایی با متغیر وابسته (Y) داشته باشند و عواملی با ضریب معنی داری کمتر که باعث کاهش دقت کار پهنه بندی می شوند از معادله حذف می گردند. در رگرسیون چند متغیره میزان تاثیر هر کدام از عوامل را با ضریبی که بیانگر میزان تاثیر آن عامل در وقوع زمین لغزش می باشد به صورت کمی بیان می شود و می توان مهمترین عوامل را در وقوع زمین لغزشهای رخ داده تعیین نماییم. کامپوس و سکاویا (۹) از رگرسیون چند متغیره برای پهنه بندی استفاده نمودند و نتایج حاصل از آن را مثبت ارزیابی نمودند. همچنین سفیدگری (۳) از بین ۸ روش

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

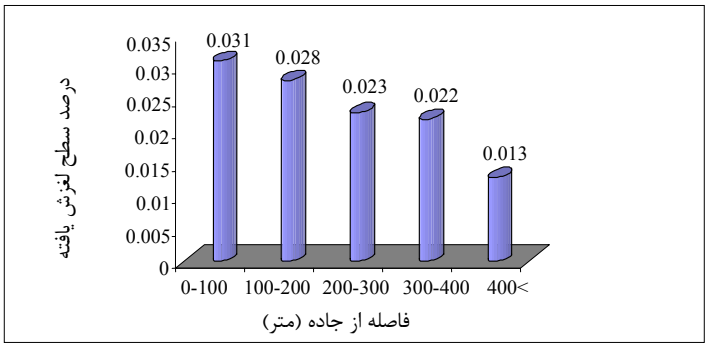
پهنه بندی خطر زمین لغزش بیان کردند که رگرسیون چند متغیره نسبت به سایر روشها دارای دقت بالاتری می باشد.

آنچه که از تجزیه و تحلیل پرسشنامه ها و تحقیقات صورت گرفته از افراد بومی منطقه به دست آمد در مرحله مقدماتی از میان ۷ عامل مورد تحقیق عامل جهت دامنه به خاطر نتایجی که ارائه کرد از میان عوامل اصلی حذف گردید.

در مورد حوزه سد ایلام اکثر زمین لغزشها در جهت شرقی رخ داده اند با توجه به اینکه از نظر طبیعی باید وقوع لغزش در جهت شمال بیشتر باشد. با مراجعه به محتویات پرسشنامه ها مشخص گردید که شرایط غیر طبیعی در مورد عامل جهت، تحت تاثیر عوامل انسانی نظیر ایجاد راههای غیر اصولی که در سالهای اخیر به شدت در حوزه انجام گرفته بوده است. نتایج به دست آمده در مورد عامل جهت با تحقیقات کلارستاقی (۵) در حوزه شیرین رود ساری و حسن زاده نفوتی (۲) در حوزه شلمانرود گیلان مطابقت دارد.

از مدل (۱) نتایج زیر استخراج گردید که به بحث و بررسی هر کدام از موارد پرداخته می شود.

در کل احداث جاده های مناطق کوهستانی اگرچه برای توسعه اقتصادی این مناطق ضروری هستند اما ممکن است که با احداث غیر اصولی باعث مسائل ناپایداری در دامنه ها گردند و زیانهایی را به تاسیسات مناطق کوهستانی وارد نمایند. با توجه به مطالعه انجام گرفته درحوزه سد ایلام و تعداد زیاد زمین لغزشها که در اطراف جاده ها که در فاصله حدود ۱۰۰-۰ متری متمرکز گردیده‌اند (شکل ۴) و ضریب آن (۰/۲۵) در رابطه (۱) می توان گفت که اولین عامل در منطقه که نقش بسیار مهمی در وقوع زمین لغزشها داشته است احداث غیر اصولی جاده می باشد. چونکه احداث جاده باعث از بین رفتن تکیه‌گاه دامنه در شیبهای تند شده و در صورت مساعد بودن توده از نظر جنس سازند وقوع زمین لغزش قطعی خواهد بود. نتیجه حاضر با تحقیقات کارارا و همکاران (۸) در مرکز ایتالیا کماک (۱۱) در اسلوونی، احمدی (۱) در اردبیل، گرایی (۶) در حوزه لاجیم رود تجن مطابقت دارد.

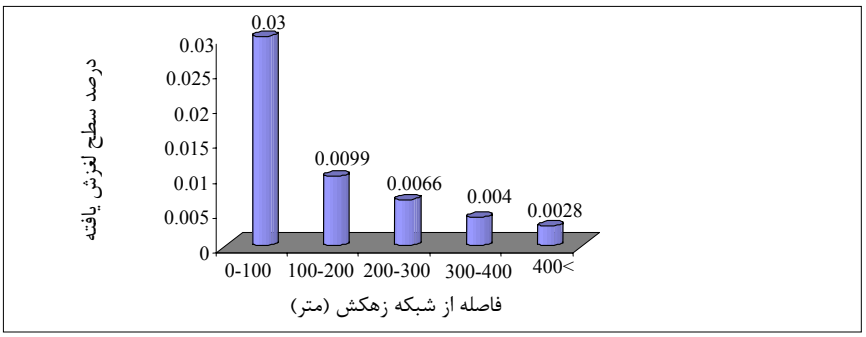


شکل ۴- فراوانی وقوع درصد سطوح لغزش یافته در فواصل مختلف از جاده.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

شیب جریان آب زیرزمینی و تمرکز رطوبت خاک در وقوع زمین لغزشها را تحت تاثیر قرار می دهد کارارا (۸). دومین عامل مهم با توجه به رابطه (۱) در وقوع زمین لغزشهای منطقه، شیب است. یک واحد سنگ شناسی هر چند حساس، اگر در یک شیب خیلی کم قرار داشته باشد، زمینه وقوع لغزش را ندارد مانند واحدهای کواترنر که اگرچه از رسوبات مساعد برای حرکت تشکیل شده اند ولی به دلیل اینکه عمدتاً در شیبهای خیلی کم قرار گرفته اند زمین لغزش در آنها مشاهده نمی شود. بیشترین لغزش در حوزه مربوط به شیبهای زیر ۲۰ درصد می باشد از دلایل این امر می توان گفت که سازندهای حساس مانند گورپی عمدتا در این شیبها متمرکز گردیده اند و ثانیاً بیشترین تغییرات مربوط به جاده سازی در این شیبها صورت گرفته است. کماک (۱۱) عامل شیب را عمده ترین دلیل وقوع زمین لغزش در مرکز اسلوونی دانسته است. کلارستاقی (۵) در حوزه شیرین رود ساری و احمدی و همکاران (۱) در حوزه گرمی چای اردبیل در مطالعات جداگانه‌ای عنوان نموده اندکه عامل شیب یکی از دلایل اصلی زمین لغزشها در حوزه های مختلف کشور بوده است.

سومین عامل در وقوع لغزشهای منطقه فاصله از شبکه زهکشی می باشد. تعداد زیاد لغزشها در فاصله ۱۰۰-۰ متری از شبکه زهکشی نشان دهنده این امر می باشد (شکل ۵). عامل تشدید کننده این فاکتور جاده های است که برای حمل مصالح احداث سازه ها در مسیر این آبراهه ها ایجاد گردیده و پای توده ها را خالی نموده اند.



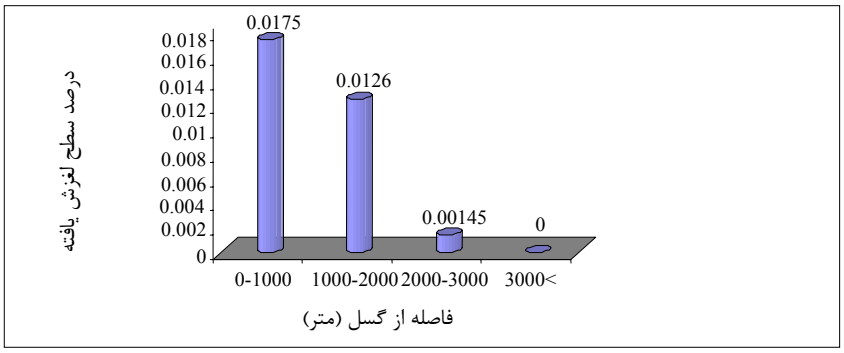
شکل ۵- فراوانی وقوع درصد سطوح لغزش یافته در فواصل مختلف از شبکه زهکشی.

چهارمین عامل موثر با توجه به رابطه (۱) در وقوع لغزشهای حوزه سد ایلام عامل زمین شناسی می باشد. می‌توان گفت که عامل زمین شناسی چونکه منجر به اختلاف در نفوذپذیری و مقاومت (استحکام) سنگها و خاکها می شود توزیع زمین لغزشها را به طور گسترده‌ای تحت تاثیر قرار داده است. روی هم قرارگیری لایه ژئولوژی با لغزشهای ایجاد شده در حوزه نشان می دهد که ۵۰ درصد لغزشهای رخ داده در سازند گورپی رخ داده اند و این سازند به عنوان حساسترین سازند در حوزه از نظر وقوع زمین لغزش می باشد. گرائی (۶) و احمدی (۱)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

در تحقیقات جداگانه‌ایی به نتایج مشابهی درمورد عامل زمین شناسی دست یافتند و بیان کرده اند که عامل زمین شناسی از مهمترین دلایل رخداد زمین لغزشها بوده است.

عناصرتکتونیکی در فعالیت زمین لغزشها در ارتباط با گسلهای بزرگ و فعال می باشند آیالیو و یاماگشی (۷). عامل گسل در حوزه در بین عناصر خطی کم ترین تاثیر را داشت چونکه گسلهای فعالی که باعث لرزشهایی با شتاب لرزه بالا در حوزه شوند وجود ندارند. بنابراین این عامل به روش رگرسیون چند متغیره در حوزه از معادله به دلیل معنی داری کم حذف گردید. شکل (۶) فراوانی وقوع درصد سطوح لغزش یافته در فواصل مختلف از گسل را نشان می دهد.



شکل ۶- فراوانی وقوع درصد سطوح لغزش یافته در فواصل مختلف از گسل.

عامل کاربری اراضی از لحاظ آماری رابطه قوی با لغزشهای رخ داده در حوزه نشان نداد ولی به نظر می رسد که این عامل به چند صورت روی لغزشهای حوزه تاثیر داشته است.

پراکندگی روستاها در حوزه و احداث جاده جهت دسترسی به این روستاها روی دامنه ها سبب بروز لغزشهای فراوان در مسیر این جاده ها شده است. از عوامل دیگر دخالتهای انسان میتوان واقع شدن سد در حوزه، تاسیسات آبرسانی از سد ایلام به شهر ایلام را نام برد. مجموعه این عوامل ذکر شده باعث گردیده که علاوه بر خالی نمودن پای توده های لغزشی سبب شوند آب بیشتری به داخل سازندهای حساس نفوذ نماید و عاملی برای به وجود آوردن زمین لغزشها در منطقه شوند.

با توجه به تحقیق انجام گرفته در مورد زمین لغزشهای حوزه آبخیز سد ایلام علاوه بر عوامل طبیعی مانند حساسیت سازندهای پابده و گورپی و شیب آنچه که به صورت غیر طبیعی باعث این پدیده شده است دخالتهای نابجای انسان و استفاده از اراضی بدون توجه به قابلیتهای آنها می باشد. چرا که ایجاد جاده ها علاوه بر اینکه باعث به وجود آوردن زمین لغزشهای جدیدی در حوزه مخصوصا در انتهای آن شده بلکه باعث فعالیت مجدد زمین لغزشهای قدیمی گردیده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

ثانیا یکی دیگر از عوامل مهم که به تازگی حوزه را با مشکل مواجه نموده است احداث تاسیسات است که مخصوصاً در انتهای حوزه باعث وقوع لغزشهای جدیدی شده اند.

پیشنهادات

- لازم است در محدوده های از حوزه آبخیز که دارای خطر زمین لغزش هستند، در همه کارهای عمرانی درون حوزه با توجه به نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزشها اعمال مدیریت گردد.
- با توجه به اینکه یکی از عوامل مهم در وقوع زمین لغزشهای منطقه مورد مطالعه، احداث غیر اصولی جاده ها بوده است پیشنهاد می شود برای پیشگیری از اثرات مخرب این کار، از مهندسین مربوطه در هنگام مسیر یابی و احداث جاده ها استفاده گردد.
- آموزش اهمیت حرکتهای توده ای به ساکنین در حوزه.
- پیشنهاد می شود برای درک بهتر مدل، این مدل روی حوزه های دارای شرایط مشابه با حوزه سد ایلام آزمایش شود.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

منابع

1. Ahmadi, H., A. Esmaeili Awri, S. Faiznia and M. Shariat Jafari. 2003. Mass movement susceptibility mapping using multi regression and Analytical Hierarchy Process (AHP) methods, case study: Germi-Chai Basin, Journal of Natural resources of Iran, Vol. 56 (4), p: 323-335.
2. Alaei Taleghani, M. 2002. Geomorphology of Iran, No. 1330, Ghomes publications, First edition, 375 p.
3. Ayalew, L. and H. Yamagishi. 2005. The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan. Geomorphology, 65: 15-31.
4. Campus, F. and C. Scavia. 2000. Preliminary study for landslide hazard assessment: GIS techniques and a Multivariate statistical approach landslides. Proceeding of the 8th international Symposium on landslides, 1: 215-220.
5. Carrara, A., M. Cardinali, R. Detti and F. Guzzeti. 2003. GIS techniques and statistical models in zonation landslide hazard. The Journal of Earth Surface Processes and Landforms, 16: 427-445.
6. Geraei, P. 2006. Mass movement evaluation in order to present the model of susceptibility mapping in Tajan Lajim-Roud Basin, M.Sc. Thesis of watershed management, Natural Resources Faculty, Mazandaran University, 125 p.
7. Guzzetti, F. and A. Carrara. 1999. Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a Multi-Scale, Central Italy. the journal of Geomorphology Vol., 31: 118-123.
8. Hasan Zadeh Nofoti, M. 2000. Landslide susceptibility mapping in Shalman-Roud Basin, M.S. Thesis of watershed management, Natural Resources Faculty, Tehran University, 138 p.
9. Kalarestaghi, A. 2002. evaluation of effective parameters on landslide occurrence and landslide susceptibility mapping in Saari Shirin-Roud watershed, M.Sc. Thesis of watershed management, Natural Resources Faculty, Tehran University, 141 p.
10. Komak, M. 2006. A landslide suscepility model using the Analytical Hierarchy Process method and multivariate statistics in peri Alpine Slovenia. Geomorphology, 74: 17-28.
11. Sefidgari, R. 2002. Evaluation of landslide susceptibility mapping in Damavand basin, M.Sc. Thesis of watershed management, Natural Resources Faculty, Tehran University, 159 p.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

Landslide Susceptibility Map Preparation Using Multiple Regression Method (Case Study: Ilam Dam Basin)

P. Geraee[1], H. Karimi[2] and M. Tavakoli[3]

Abstract

In recent years, landslides occurrence has been increased in different regions of Iran because of different agents, especially road construction. Therefore, inspection of this phenomenon including effective agents in landslide occurrence, determination of susceptible area … is necessary to prevent the landslides formation. For this purpose, the Ilam dam basin having 476 (km^2) area was selected for investigations. At the beginning of this research, after field investigations, seven factors including: geology, slope, aspect, fault, drainage network and land use were recognized as primary effective parameters in landslide occurrence. In the next stage, the information layers of above parameters were prepared in Geographic Information System (GIS) environment using Arc view 3.2 software and these maps were overlaid with the landslide inventory map. Analysis of the results indicated that aspect factor has minimum effect on landslide occurrence in the area. Then, using the six remainder factors, homogeneous units map is prepared. In order to quantify the factors and give an appropriate weight to the parameters, the slide area percentage in each unit was calculated. Multiple regressions were used for statistical analysis. The distance from faults and land use parameters were put aside by the model. The results showed that the four factors including road, slop, drainage network and geology have the highest affect on landslide occurrence respectively.

Keywords: Landslide, Susceptibility Mapping, Multiple Regressions, Geographic Information System, Ilam Dam Basin

1- M. Sc. of Natural Resources and Watershed Management of Ilam Province
2- Assistant Professor of Agriculture Faculty, Ilam University
3- Instructor of Agriculture Faculty, Ilam University

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]