

بررسی و ارزیابی روش‌های آماری دو متغیره و LNRF در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش مطالعه موردی: حوزه آبخیز جنت رودبار

• صمد شادفر

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

• جمال قدوسی

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

• سید علی خلخالی

کارشناس ارشد پژوهشی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

• عطاله کلارستانی

عضو هیأت علمی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: تیرماه ۱۳۸۵ تاریخ پذیرش: آذرماه ۱۳۸۵

Email:shadfar@scwmri.ac.ir

چکیده

از انواع حرکات دامنه‌ای که به عنوان یکی از حوادث طبیعی غیر مترقبه در مناطق مختلف خسارت‌های مالی و جانی فراوانی را بر زندگی انسان‌ها وارد می‌نماید پدیده زمین لغزش می‌باشد. در این تحقیق، ابتدا حوزه جنت رودبار به وسعت حدود ۵۲۴۰ هکتار در شهرستان رامسر انتخاب گردید. سپس با استفاده از تفسیر عکس‌های هوایی به مقیاس‌های ۱:۲۰۰۰۰ و ۱:۴۰۰۰۰ به ترتیب مربوط به سالهای ۱۳۷۳ و ۱۳۸۰، نقشه‌های توپوگرافی، زمین شناسی و عملیات میدانی با استفاده از GPS، نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها (متغیر وابسته) تهیه گردید. همچنین لایه‌های اطلاعاتی شیب، سنگ شناسی، فاصله از گسل و جهت شیب به عنوان متغیرهای مستقل در محیط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی تهیه و رقومی شدند. از تلفیق متغیرهای مستقل با متغیر وابسته، مقدار لغزش در هر کلاس عامل محاسبه و وزن دهی طبقات بر اساس روابط موجود در مدل‌های آماری دو متغیره و LNRF صورت گرفت. در نهایت با نقشه‌های وزنی حاصله و جمع جبری آنها نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در مدل‌های مختلف حاصل شده است. ارزیابی مدل‌ها با استفاده از نسبت تراکم (Df) و مجموع کیفیت (Qs) صورت گرفت. نتایج حاصل از این بررسی نشان می‌دهد که بیشترین سطح لغزش در واحدهای سنگ شناسی متشکل از لایه‌های مارن، رس، سیلت (۹۰ درصد) و در طبقات شیب ۷۰-۴۵ درصد (حدود ۴۵/۳۶ هکتار) و ۲۵-۱۵ درصد (۴/۲۵ هکتار) بوقوع پیوسته است. از طرف دیگر جهت‌های غربی و شمالی به ترتیب به میزان ۴۶/۷۵ و ۴۱/۵ هکتار و فاصله از گسل ۲-۰ کیلومتر (حدود ۹۷ درصد) ناپایداری‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. این تحقیق نشان می‌دهد که شاخص مجموع کیفیت (Qs) در مدل تراکم سطح به میزان ۲/۰۱ و در مدل LNRF حدود ۱/۲۸ و در مدل ارزش اطلاعاتی حدود ۱/۱۱ می‌باشد.

کلمات کلیدی: ارزش اطلاعاتی، پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، تراکم سطح، سنگ‌شناسی، شیب، ارزیابی، LNRF

Pajouhesh & Sazandegi No:78 pp: 56-64

Assesment and evaluation bivariate statistical and LNRF models in landslide hazard zonation case study: Gennatrootdobar catchment

By: Shadfar, S., Assistant Prof, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Ghodosi, J., Assistant Prof, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Khalkhali, S., Junior Research, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Kelarestaghi, A., Assistant Prof, College of Natural Resources, University of Science Agriculture and Natural Resource Sari.

One of the slopovement is landslide as natural disaster in different regions which causes human loss and economic damages. In this research, at first Gennatrootdobar catchment about 5240 hectar in Ramsar city was selected. Then with use of interpretation of arial photos with scale of 1:20000 and 1:40000 related to 1373 and 1380, geological, topographic maps and field survey using GPS, was prepared as dependent variables. Also information layers including slope, lithology, distance from faults, aspect was prepared and digitized as independent variables in GIS environment integrated dependent and independent variables, landslide was calculated in each variable class and weighted in bivariate statistical and LNRF models. Finally, landslide hazard zonation map obtained with weight maps and their algebraic sum. models evaluation was done with use of density ratio (Dr) and quality sum (Qs). Results indicated that most of the area landslide has occurred in lithological units including marl, clay and silt (90 percent), slope classes 45-70 and 15-25 (50 hectar). Also most of instabilities has occurred in north and west aspects (46.75 and 41.5 hectar), distance from faults 0-2 km (97 percent). This research indicated that quality sum in density area is 2.01, LNRF, 1.28 and information value 1.11.

Keywords: Information value, Landslide Hazard Zonation, Density Area, Lithology, Slope, Evaluation, LNRF

مقدمه

Lee و Kyungduch (۱۶)، با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و روش آماری چند متغیره اقدام به پهنه‌بندی و ایجاد نقشه حساسیت نسبت به زمین لغزش در منطقه یانگین کره نموده است. لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده شامل شیب، جهت شیب، ضخامت خاک، فاصله از آبراهه، کاربری اراضی و پوشش گیاهی می‌باشند. صحت نقشه پهنه‌بندی با نقشه پراکنش لغزش‌ها مقایسه گردید و بر اساس روش آماری نتایج خوبی بدست آمده است.

Guzetti و همکاران (۱۵) در ایتالیا نقشه عوامل موثر بر زمین لغزش را با روش‌های آماری، ژئومورفولوژی و نقشه خطر زمین لغزش مقایسه نموده و اشاره کرده‌اند که هر چه نقشه‌های عامل دقت بیشتری داشته باشند پهنه‌بندی زمین لغزش دقیقتر خواهد بود.

Yan و Yin (۲۰) مدل ارزش اطلاعاتی را که اساس آن بر تحلیل پراکنش زمین لغزش (متغیر وابسته) و عوامل موثر در استعداد زمین لغزش (متغیرهای مستقل) استوار است را ارائه دادند که با توجه به مقایسه مساحت زمین لغزش‌ها در پهنه هر متغیر و مساحت زمین لغزش در کل منطقه انجام می‌گیرد.

حق شناس (۴) با استفاده از روش‌های آماری دو متغیره، رگرسیون چند متغیره و روش تحلیل ممیزی حوزه آبخیز طالقان را به روش دستی پهنه‌بندی نمود. لایه‌های اطلاعاتی به کار رفته برای پهنه‌بندی شامل سنگ شناسی، گسل‌های فعال، شیب و جهت شیب می‌باشند. صحت نقشه‌های پهنه‌بندی تهیه شده با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است و روش رگرسیون چند متغیره به عنوان مناسب ترین روش و روش تحلیل ممیزی و ارزش اطلاعاتی در مراحل بعدی قرار می‌گیرند.

شناخت نواحی مستعد زمین لغزش‌ها یکی از گام‌های اولیه در مدیریت منابع طبیعی و برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای و عمرانی است. زمین لغزش‌ها تحت تاثیر عوامل طبیعی و انسانی متعددی رخ می‌دهند که ارزیابی تاثیر هر یک از این عوامل، نقش به‌سزایی در پیش بینی احتمال وقوع و پهنه‌بندی خطر آنها دارد (۱۱). شناسایی عوامل موثر در وقوع این پدیده و پتانسیل آن در مدیریت منابع طبیعی و کاهش خسارات ناشی از آن بسیار مهم است (۱۲).

سفیدگری (۸) با استفاده از روش آماری ارزش اطلاعاتی، آماری چندمتغیره، کاناگوا، حائری، حائری اصلاح شده و پراکنش زمین لغزش‌ها منطقه دماوند را پهنه‌بندی نمود. صحت نقشه‌های پهنه‌بندی تهیه شده با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است و از بین روش‌های مختلف روش‌های آماری ارزش اطلاعاتی و چند متغیره بالاترین میزان دقت را نشان می‌دهد.

Anbalagan (۱۳) شناسایی عوامل مؤثر بر زمین لغزش و پهنه‌بندی آن جهت مشخص نمودن مناطق مستعد خطر و ناپایدار و کمک به برنامه‌ریزان برای انتخاب مکانهای مساعد توسعه‌ای از قبیل ساختن جاده‌ها و مناطق مسکونی در مراحل اولیه برنامه‌ریزی بسیار مفید و باعث رعایت احتیاط‌های لازم جهت پایداری می‌گردد.

Westen, Rengers و Soeters (۱۹) از موسسه ITC هلند در قالب همکاری‌های بین المللی، پروژه‌ای را با پشتیبانی سازمان ملل در کلمبیا در رابطه با شناخت و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در مقیاس‌های مختلف به اجرا درآوردند.

داده در کلاس‌های مختلف عوامل محاسبه و وزن دهی به طبقات براساس پارامترهای مدل‌های آماری دو متغیره و LNRD انجام پذیرفت. سپس بر اساس مقادیر وزنی برای کلیه متغیرهای تاثیرگذار نقشه‌های وزنی تهیه، و نقشه‌های ساخته شده بر اساس وزن با هم تلفیق شده و از جمع جبری نقشه‌های وزنی، نقشه پهنه‌بندی و در نهایت با طبقه‌بندی نقشه فوق بر اساس نقاط عطف نمودار تجمعی فراوانی وزن واحدها نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش نهایی بدست آمد. ارزیابی مدل‌ها با استفاده از روشهای نسبت تراکمی (Dr) و شاخص جمع کیفی (Qs) صورت گرفت و مقدار آنها در هر یک از رده‌های خطر محاسبه و سرانجام مناسبترین مدل از بین مدل‌های بررسی شده برای حوضه مورد مطالعه ارائه گردید.

نتایج و بحث

برای تعیین عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش هر یک از متغیرهای مستقل با متغیر وابسته (پراکنش زمین لغزش‌ها) در محیط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی تلفیق گردید. در ادامه تاثیر هر یک از عوامل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

سنگ شناسی

عامل اصلی حرکت توده‌های لغزنده، لایه‌های سازند سست مارنی می‌باشد. در مواردی که دانه‌بندی خاک‌ها را رس تشکیل می‌دهد وجود رس باعث می‌شود که این لایه‌ها نزولات آسمانی را جذب کرده و پس از انبساط و اشباع حالت لغزنده‌ای پیدا نمایند (۵). در حوضه مورد مطالعه با استفاده از نقشه زمین شناسی نقشه سنگ شناسی تهیه و پس از تلفیق با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها حساسیت واحدهای متفاوت سنگی نسبت به پدیده زمین لغزش مورد بررسی قرار گرفت. وسعت لغزش صورت گرفته در هر واحد لیتولوژیکی در جدول ۱ آورده شده است.

شیب

بررسی وضعیت شیب از آن جهت با اهمیت است که مکانیسم بسیاری از جابجایی‌های مربوط به مواد سطحی و فرآیندهای حمل، تابع میزان شیب است. در این رابطه می‌توان گفت با توجه به دامنه ارتفاعی زیاد، بخش‌های مرتفع بسیار جوان و پرشیب بوده و لذا دارای سیمای فرسایشی شدید و قابل توجهی هستند. بنابر این بیشترین و موثرترین عوامل دینامیکی را باید در محورهای کوهستانی جست‌وجو نمود (۷). نقشه شیب حوضه پس از ساختن مدل ارتفاعی رقومی تهیه شد. انطباق نقشه طبقات شیب با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها نشان می‌دهد که حدود ۹۴ درصد از حوضه (۴۹۳۴ هکتار) شیب بالای ۲۵ درصد دارد و حدود ۵۲ درصد لغزش‌های حوضه (۵۰ هکتار) در طبقات شیب ۱۵-۲۵ و ۷۰-۴۵ درصد رخ داده‌اند. جدول شماره ۲ توزیع طبقات شیب و سطح لغزش‌ها را در حوضه جنت رودبار نشان می‌دهد.

جهت شیب

جهت دامنه یکی از عوامل تعیین کننده در حرکت‌های توده‌ای سازندهای مارنی به شمار می‌رود. در دامنه‌های شمالی و غربی به دلیل برخورداری از رطوبت بیشتر، مقدار زمین لغزش بیشتر بوده و در دامنه‌های شرقی و

جلالی (۳) با استفاده از شش روش مورا و وارسون، مورا و وارسون اصلاح شده، نیلسن، نیلسن اصلاح شده، روش قضاوت کارشناسی و روش آماری دو متغیره حوزه آبخیز طالقان به مساحت ۱۱۳۵ کیلومترمربع را در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ با استفاده از سیستم GIS و نرم افزار ILWIS پهنه‌بندی نمود. صحت نقشه پهنه‌بندی شده با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است و روش آماری دو متغیره را نسبت به دیگر روش‌ها مناسب تر تشخیص داده است.

شیرانی و همکاران (۹) در بررسی و ارزیابی روش‌های آماری دو متغیره و چند متغیره در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه رودخانه ماربر به این نتیجه رسیده‌اند که روشهای دو متغیره آنالیز ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح نسبت به روش‌های آماری چند متغیره دارای دقت قابل قبولی بوده و انطباق بیشتری با پتانسیل لغزش منطقه داشته‌اند.

فاطمی عقدا و همکاران (۱۰) در ارزیابی روش‌های آماری در تعیین پتانسیل خطر زمین لغزش در منطقه رود بار به این نتیجه رسیده‌اند که از بین روش‌های آماری، روش تراکم سطح نتایج بهتری را نشان می‌دهد. در حوضه مورد مطالعه زمین لغزش‌ها هر ساله موجب خسارت‌های فراوانی می‌گردند لذا برنامه‌ریزی جهت جلوگیری از این خسارات و شناخت مناطق حساس به زمین لغزش و پهنه‌بندی و ارزیابی آنها برای دستگاه‌های اجرایی اهمیت زیادی داشته و می‌تواند در تصمیم‌گیری‌ها نقش عمده‌ای ایفا نماید.

مواد و روش‌ها

حوضه مورد مطالعه در شهرستان رامسر و بین طولهای جغرافیایی ۵۰ درجه و ۲۸ دقیقه الی ۵۰ درجه ۳۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۶ دقیقه الی ۳۶ درجه و ۴۸ دقیقه قرار دارد. این حوضه حدود ۵۲۴۰ هکتار مساحت دارد و حداکثر و حداقل ارتفاع حوضه از سطح دریا به ترتیب ۲۷۰۰ و ۶۵۰ متر می‌باشد. با توجه به تقسیمات اقلیمی و بیوکلیماتیک ایران اقلیم آن به روش گوسن نیمه مدیترانه‌ای و به روش امبرژه مرطوب می‌باشد (۱). حوضه تحت بررسی در تقسیم‌بندی ساختمانی ایران جزئی از البرز شمالی یعنی واحد گرگان رشت بوده و مرز بخش‌های شمالی و جنوبی آن بوسیله گسل البرز از یکدیگر مشخص می‌شود (۶). این حوضه با توجه به تقسیم‌بندی ژئومورفولوژیکی آن بر اساس شکل زمین از واحدهای مورفولوژیکی کوهستانی مرتعی با مساحت حدود ۲۸۲۸/۳۸ هکتار و کوهستانی جنگلی با مساحت حدود ۲۴۱۱/۶۳ هکتار تشکیل شده است.

روش تحقیق

در ابتدای امر با بررسی منابع و یافته‌های علمی و انجام مصاحبه با افراد مطلع و بازدید میدانی در حوضه آغاز شد. متغیرهای مستقل شیب، جهت شیب از رقومی نمودن نقشه‌های توپوگرافی و ساختن مدل ارتفاعی رقومی (DEM) و لایه‌های اطلاعاتی سنگ شناسی و فاصله از گسل از نقشه‌های زمین شناسی استخراج گردیدند. نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها (متغیر وابسته) با استفاده از تفسیر عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ و ۱:۴۰۰۰۰ منطقه با دید استریوسکوپ و ژئورفرنس کردن آنها از طریق اورتوفوتو و عملیات گسترده صحرائی با استفاده از GPS تهیه گردید. از تلفیق هر یک از متغیرهای مستقل با متغیر وابسته، مقدار لغزش رخ

جدول ۱: توزیع طبقات سنگ شناسی و سطح لغزش‌ها در حوضه جنت رودبار

کلاس	واحد‌های سنگ شناسی	مساحت لغزش		مساحت طبقات		A/B *100
		درصد	هکتار (A)	درصد	هکتار (B)	
۱	کنگلوئرا	۸/۵۹	۸/۲۵	۳۰/۷۷	۱۶۱۲/۴۹	۰/۵۱
۲	آتشفشان‌های بازی	۰	۰	۰/۲۴	۱۲/۵۰	۰
۳	آهک، دولومیت	۱/۳۰	۱/۲۵	۴/۵۵	۲۳۸/۳۹	۰/۵۲
۴	رس، سیلت و مارن	۹۰/۱	۸۶/۵	۶۴/۴۴	۳۳۷۶/۱۴	۲/۵۶

جدول ۲: توزیع طبقات شیب و سطح لغزش‌ها در حوضه جنت رودبار

کلاس	طبقات شیب	مساحت لغزش هکتار (A)	مساحت طبقات هکتار (B)	A/B *100
۱	<۱۵	۲/۶۳	۱۶۳/۵۲	۱/۶
۲	۱۵-۲۵	۴/۲۵	۱۴۲/۲۰	۲/۹۸
۳	۲۵-۴۵	۲۶/۵۲	۲۰۲۵/۹۳	۱/۳
۴	۴۵-۷۰	۴۵/۳۶	۱۹۱۰	۲/۳۷
۵	> ۷۰	۱۷/۲۴	۹۹۸/۳۰	۱/۷۲

Joshi و Gupta به دلیل این که مساحت طبقات عوامل را در نظر نمی‌گیرد از این نظر دارای ایراد می‌باشد.

(۱)

$$LNRF = \frac{\text{سطح لغزش رخ داده در یک واحد از نقشه عامل}}{\text{میانگین لغزش رخ داده در کل واحدهای نقشه عامل}}$$

$$\text{winf} = \ln\left(\frac{A}{B} : \frac{C}{D}\right) \quad (۲)$$

(۳)

$$WArea = Darea - \left(\frac{C}{D} \times 100\right)$$

که در آن Ln لگاریتم طبیعی، Darea تراکم سطح، A مساحت لغزش‌های هر واحد، B مساحت هر کلاس، C مساحت کل لغزش، D مساحت کل حوضه به هکتار می‌باشد.

با استفاده از روابط فوق و با توجه به جداول ۱ تا ۴ وزن هر یک از طبقات را محاسبه کرده (جداول ۵ تا ۸) و نقشه هر یک از عامل‌ها تهیه شدند. آنگاه در محیط GIS نقشه وزن‌ها با هم جمع شده و نقشه حاصله با توجه به نمودار فراوانی تجمعی که منطبق با نقاط شکست منحنی است، به پنج پهنه خطر بسیار پایین، پایین، متوسط، بالا و بسیار بالا طبقه‌بندی شدند.

جنوبی به دلیل حداکثر جذب انرژی و حداقل آب باقیمانده در خاک، کمترین حرکت توده‌ای مشاهده می‌گردد (۲). در حوضه جنت رودبار پس از تلفیق نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها با نقشه جهت شیب این نتیجه حاصل شد که مقدار لغزش رخ داده در جهت‌های غربی و شمالی بسیار بیشتر از جهت‌های دیگر است. جدول شماره ۳ طبقات مختلف جهت شیب و مقدار لغزش رخ داده در هر کدام از جهت‌ها را نشان می‌دهد.

فاصله از گسل

حرکات زمین ساخت و تکتونیکی نقش تشدید و تسریع کننده‌ای در وقوع پدیده زمین لغزش دارند. جهت بررسی ارتباط زمین لغزش‌ها با عامل گسل، نقشه فاصله از گسل در فواصل مختلف به شرح (جدول ۴) تهیه گردید و با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها انطباق داده شد. همانگونه که مشخص است آستانه تأثیر گسل‌ها غالباً تا شعاع ۲ کیلومتر می‌باشد به طوری که حدود ۹۷ درصد زمین لغزش‌ها در این محدوده قرار گرفته‌اند.

ارتباط زمین لغزش با متغیرهای مستقل

در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی لایه‌های اطلاعاتی متغیرهای مستقل تهیه و با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها قطع داده شد. و با استفاده از روابط مدل‌های LNRF و آماری دو متغیره وزن هر واحد محاسبه گردید. Yin and Yan (۲۰) مدل ارزش اطلاعاتی و Joshi و Gupta (۱۴) مدل LNRF و Westen Van (۱۸) مدل تراکم سطح را ارائه دادند. البته مدل

جدول ۳: توزیع طبقات جهت شیب و سطح لغزش‌ها در حوضه جنت رودبار

کلاس	طبقات جهت شیب	مساحت لغزش هکتار (A)	مساحت طبقات هکتار (B)	A/B *100
۱	N	۴۱/۵	۱۴۳۷/۸۰	۲/۸۸
۲	E	۱/۲۵	۸۳۰/۳۷	۰/۱۵
۳	S	۶/۵۸	۲۴۱۰/۴۰	۰/۲۷
۴	W	۴۶/۷۵	۵۶۱/۴۴	۸/۳۲

جدول ۴: توزیع طبقات فاصله از گسل و سطح لغزش‌ها در حوضه جنت رودبار

کلاس	فاصله از گسل	مساحت لغزش		مساحت طبقات		A/B *100
		درصد	هکتار (A)	درصد	هکتار (B)	
۱	۰-۱۰۰۰	۵۶/۷۷	۵۴/۵۰	۵۲/۷۹	۲۷۶۶/۰۸	۱/۹۷
۲	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۴۰/۳۶	۳۸/۷۵	۲۸/۵۸	۱۴۹۷/۶۸	۲/۵۸
۳	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۲/۸۶	۲/۷۵	۱۲/۲۸	۶۴۳/۴۳	۰/۴۲
۴	>۳۰۰۰	۰	۰	۶/۳۵	۳۳۲/۸۲	۰

جدول ۵: محاسبه وزن طبقات سنگ‌شناسی به روش مدل‌های آماری دو متغیره و LNRF

طبقات سنگ‌شناسی	A/B	C/D	A/B / C/D	LNRF	Winf	Warea	WLNRF
کنگلومرا	۰/۰۰۵۱	۰/۰۱۸	۰/۲۸۳	۰/۳۴	-۱/۲۶	-۱/۷۹	۰
آشفشانه‌های بازی	۰	۰/۰۱۸	۰	۰	۰	-۱/۸	۰
آهک، دولومیت	۰/۰۰۵۲	۰/۰۱۸	۰/۲۸۸	۰/۰۵۲	-۱/۲۴	-۱/۲۸	۰
رس، سیلت، مارن	۰/۰۲۵۶	۰/۰۱۸	۱/۴۲	۳/۶	۰/۳۵	۰/۷۶	۲

در مدل تراکم سطح حدود ۲/۰۱، در مدل ارزش اطلاعاتی ۱/۱۱، و در مدل ۱/۲۸ LNRF می‌باشد.

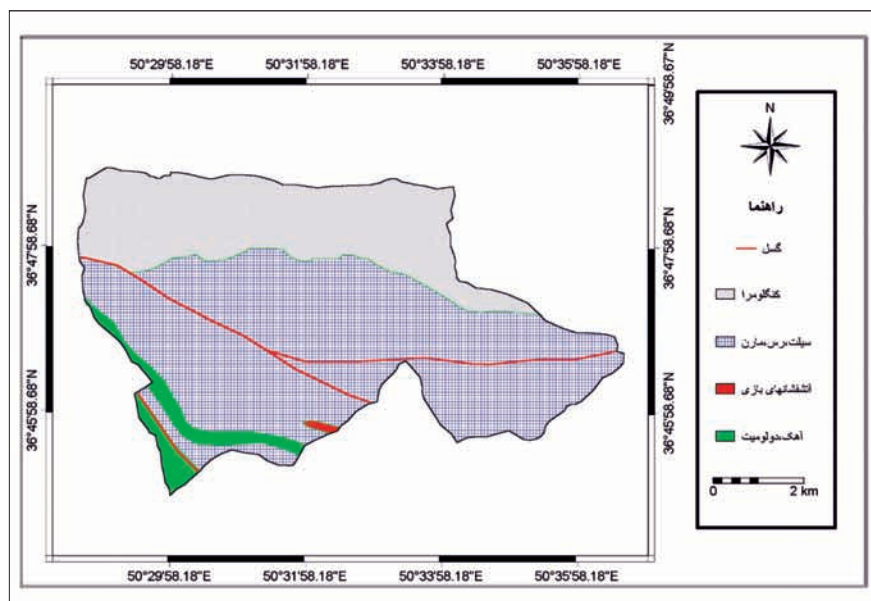
و بدین ترتیب نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل‌های مختلف تهیه گردید

$$Q_s = \sum (D_r - 1)^2 \cdot S \quad (۴)$$

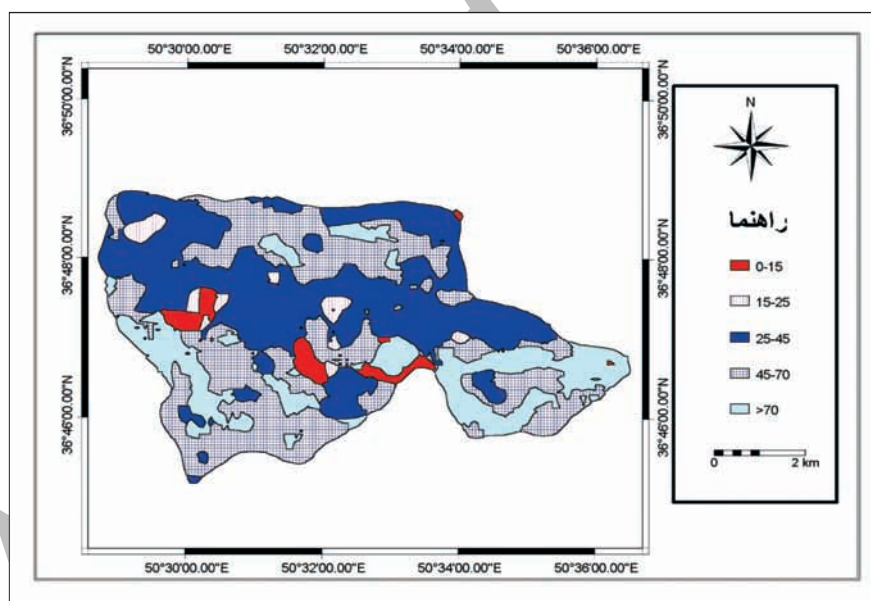
که در رابطه فوق S مساحت پهنه خطر، D_r نسبت تراکمی و Q_s جمع کیفی می‌باشد (۱۷). جدول شماره ۹ مقدار لغزش و Q_s را در طبقات مختلف

ارزیابی مدلها

پس از بررسی متغیرهای مستقل و وابسته و تهیه نقشه‌های مختلف وزنی بر اساس روابط موجود در مدلها، ارزیابی آنها بر اساس رابطه شماره ۴ صورت گرفت. نتایج حاصل نشان می‌دهد که مقدار شاخص مجموع کیفیت



شکل ۱- نقشه سنگ شناسی حوضه جنت رودبار



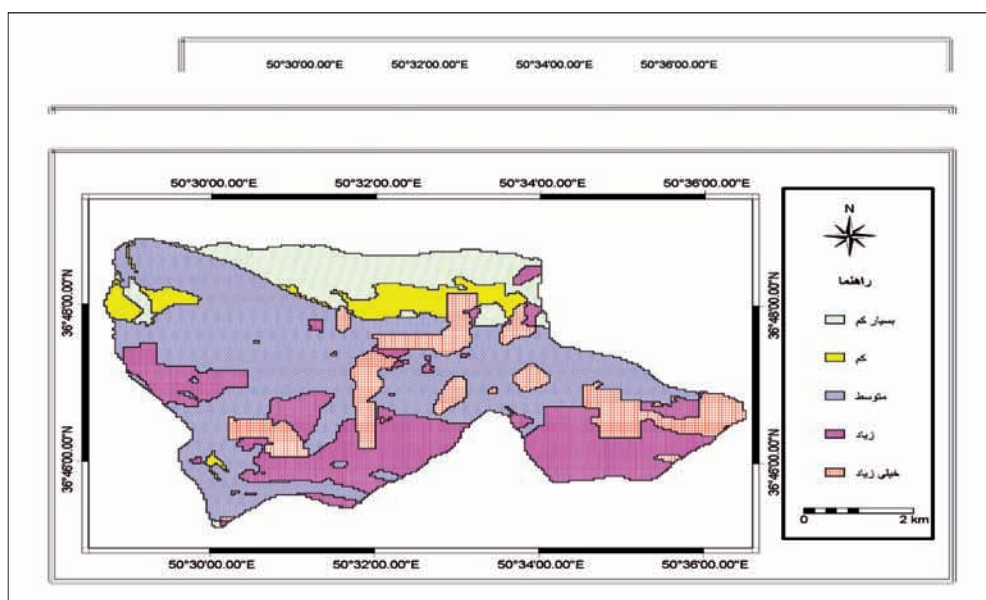
شکل ۲- نقشه شیب حوضه جنت رودبار

سازندهای شمشک و روته و در واحدهای سنگ‌شناسی متشکل از رس، سیلت و مارن رخ داده‌اند. علاوه بر عامل سنگ شناسی، بررسی عوامل شیب، جهت شیب و فاصله از گسل نیز نشان داده که بیشترین مقدار لغزش در طبقات شیب ۷۰-۴۵ درصد (حدود ۴۵/۳۶ هکتار) و ۲۵-۱۵ درصد (۴۲/۲۵ هکتار)، جهت‌های شیب غربی و شمالی به ترتیب به میزان ۴۶/۷۵ و ۴۱/۵ هکتار و در فاصله از گسل ۲-۰ کیلومتر به میزان حدود ۹۷ درصد رخ داده‌اند. همچنین نتایج حاصل از تلفیق نقشه‌های موضوعی

پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با مدل‌های آماری دو متغیره و LNRF نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه جنت رودبار با استفاده از مدل‌های آماری دو متغیره و LNRF صورت گرفت. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین مقدار لغزش حدود ۹۰ درصد (۸۶/۵ هکتار) بر روی



شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش براساس مدل تراکم سطح در حوضه جنت رودبار

دیگر مناسب تر می‌باشد. شیروانی و همکاران (۶) نیز در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه رودخانه ماربر به این نتیجه رسیدند که مدل‌های آماری دو متغیره نسبت به مدل‌های آماری چند متغیره انطباق بیشتری با پتانسیل لغزش منطقه داشته‌اند.

جهت کاهش نسبی خطرات و افزایش پایداری دامنه‌ها و با توجه به شرایط حاکم بر حوضه پیشنهاد می‌گردد که هر گونه سرمایه گذاری و احداث سازه باید با توجه به شرایط ژئومورفولوژیکی و زمین شناسی منطقه انجام گیرد و از تغییر کاربری اراضی در مناطق دارای استعداد بالای زمین لغزش اجتناب گردد. همچنین گسترش و احیا مراتع و جنگل‌ها در مناطقی که دارای مراتع و جنگل ضعیف می‌باشند صورت پذیرد.

در محیط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، پهنه‌بندی خطر زمین لغزش و ارزیابی آنها با استفاده شاخص جمع کیفی (QS) نشان می‌دهد که یکی از انواع مدل‌های آماری دو متغیره (تراکم سطح) جواب منطقی تری داده و به عنوان مناسبترین مدل در حوضه معرفی می‌گردد. مدل‌های LNRF و ارزش اطلاعاتی برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه جنت رودبار در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند. فاطمی عقدا و همکاران (۱۰) در ارزیابی روش‌های آماری در تعیین پتانسیل خطر زمین لغزش که در منطقه رودبار در بخشی از شمال کشور انجام دادند روش تراکم سطح را مناسب تر ارزیابی کرده‌اند. همچنین جلالی (۳) در تحقیقی که در حوزه طالقان انجام داد به این نتیجه رسید که روش آماری دو متغیره در مقایسه با روش‌های

جدول ۶: محاسبه وزن طبقات شیب به روش مدل‌های آماری دو متغیره و LNRF

طبقات شیب	A/B	C/D	$\frac{A/B}{C/D}$	LNRF	Winf	Warea	WLNRF
<۱۵	۰/۰۱۶۰	۰/۰۱۸	۰/۸۸	۰/۱۳	-۰/۱۳	-۰/۲	۰
۱۵-۲۵	۰/۰۲۹۸	۰/۰۱۸	۱/۶۵	۰/۲۲	۰/۵	۱/۱۸	۰
۲۵-۴۵	۰/۰۱۳۰	۰/۰۱۸	۰/۷۲	۱/۳۸	-۰/۳۲	-/۵	۲
۴۵-۷۰	۰/۰۲۳۷	۰/۰۱۸	۱/۳۱	۲/۳۶	۰/۲۷	۰/۵۷	۲
>۷۰	۰/۰۱۷۲	۰/۰۱۸	۰/۹۵	۰/۸۹	-۰/۰۵	۰-/۰۸	۱

جدول ۷: محاسبه وزن طبقات فاصله از گسل به روش مدل‌های آماری دو متغیره و LNRF

فاصله از گسل	A/B	C/D	$\frac{A/B}{C/D}$	LNRF	Winf	Warea	WLNRF
۰-۱۰۰۰	۰/۰۱۹۷	۰/۰۱۸	۱/۰۹۴	۲/۲۷	۰/۰۸۹	۰/۱۷	۲
۱۰۰۰-۲۰۰۰	۰/۰۲۵۸	۰/۰۱۸	۱/۴۳	۱/۶۱	۰/۳۵	۰/۷۸	۲
۲۰۰۰-۳۰۰۰	۰/۰۰۴۲	۰/۰۱۸	۰/۲۳	۰/۱۱	- ۱/۴۶	- ۱/۳۸	۰
>۳۰۰۰	۰	۰/۰۱۸	۰	۰	۰	- ۱/۸	۰

جدول ۸: محاسبه وزن طبقات جهت شیب به روش مدل‌های آماری دو متغیره و LNRF

جهت شیب	A/B	C/D	$\frac{A/B}{C/D}$	LNRF	Winf	Warea	WLNRF
N	۰/۰۲۸۸	۰/۰۱۸	۱/۶	۱/۷۲	۰/۴۷	۱/۰۸	۲
E	۰/۰۰۱۵	۰/۰۱۸	۰/۰۸	۰/۰۵	- ۲/۵۲	- ۱/۶۵	۰
S	۰/۰۰۲۷	۰/۰۱۸	۰/۱۵	۰/۲۷	- ۱/۸۹	- ۱/۵۳	۰
W	۰/۰۸۳۲	۰/۰۱۸	۴/۶۲	۱/۹۴	۱/۵۳	۶/۵۲	۲

جدول ۹: مقدار سطح لغزش و Qs در طبقات پهنه بندی خطر زمین لغزش با مدل‌های آماری دو متغیره و LNRF در حوضه جنت رود بار

طبقات پهنه بندی	تراکم سطح		ارزش اطلاعاتی		LNRF	
	لغزش (هکتار)	Qs	لغزش (هکتار)	Qs	لغزش (هکتار)	Qs
خیلی کم	۰	۰/۰۶	۰	۰/۰۰۲	۰	۰/۰۱
کم	۰	۰/۰۸	۰	۰/۱۱	۳/۱۸	۰/۰۸
متوسط	۷/۱۶	۰/۳۴	۷/۱۶	۰/۳۲	۵/۸۳	۰/۰۸
زیاد	۴۲/۷۰	۰/۱۲	۱۵/۱۲	۰/۰۱	۴/۷۷	۰/۲۳
خیلی زیاد	۴۶/۱۴	۱/۴۱	۷۳/۷۲	۰/۶۷	۸۲/۲۱	۰/۸۸

منابع مورد استفاده

- ۱ - احمدی، حسن، ۱۳۷۷؛ ژئومورفولوژی کاربردی، جلد ۲: بیابان، فرسایش بادی، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲ - احمدی، حسن و سادات فیض نیا، ۱۳۷۸؛ سازندهای دوره کواترنر (مبانی نظری و کاربردی آن در منابع طبیعی) انتشارات دانشگاه تهران، ۵۵۷ صفحه.
- ۳ - جلالی، نادر، ۱۳۸۱؛ ارزیابی تعدادی از روشهای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه طالقان، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
- ۴ - حق شناس، ابراهیم، ۱۳۷۴؛ پهنه‌بندی خطر زمین لغزش و ارتباط آن با تولید رسوب در منطقه طالقان، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، ۱۸۳ صفحه.
- ۵ - رفاهی، حسینقلی، ۱۳۷۹؛ فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم، ۵۵۱ صفحه.
- ۶ - رهنمایی، محمدتقی، ۱۳۷۰؛ توانهای محیطی ایران، انتشارات مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران، چاپ اول.
- ۷ - زمردیان، محمدجعفر، ۱۳۸۳؛ ژئومورفولوژی ایران، فرآیندهای ساختمانی و دینامیکهای درونی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ دوم.
- ۸ - سفیدگری، رضا، ۱۳۸۱؛ ارزیابی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ (مطالعه موردی حوزه آبخیز دماوند) پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، ۱۵۹ صفحه.
- ۹ - شیرانی، کورش، جعفر غیومیان و احمد مختاری، ۱۳۸۴؛ بررسی و ارزیابی روشهای آماری دو متغیره و چند متغیره در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش حوضه رودخانه ماربر، نشریه علمی، پژوهشی آب و آبخیز، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۳۶-۴۸.
- ۱۰ - فاطمی عقدا، مج غیومیان و ع اشقلی فراهانی، ۱۳۸۲؛ ارزیابی کارایی روشهای آماری در تعیین پتانسیل خطر زمین لغزش، فصلنامه علمی-پژوهشی علوم زمین، سال یازدهم، شماره ۴۸-۴۷، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۱۱ - کرم، عبدالامیر و فرج‌الله محمودی، ۱۳۸۴؛ مدل سازی کمی و پهنه‌بندی زمین لغزش در زاگرس چین خورده (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سرخون در استان چهارمحال بختیاری)، پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۵۱، صفحه ۱۴-۱.
- ۱۲ - کورکی نژاد، مسعود، مجید اونق، مهیا اسلامی، آتنا کبیر و المیرا شفیع زاده، ۱۳۸۴؛ پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در آبخیز سیاه رودبار گلستان، مجموعه مقالات دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، کرمان، چاپ اول، صفحه ۳۶۸-۳۶۱.
- 13-Anbalagan , R , 1992; Landslide hazard development and zonation mapping in mountainous terrain, Engineering Geology, Vol 32, pp. 269-277.
- 14- Gupta,R. P and Joshi. B. C,1990; Landslide Hazard Zoning using the GIS Aproach A – Case study from the Ramanga Catchment Himalayas, Engineering Geology, 28, 119-131.
- 15-Guzzetti ,F,Cardinali, M ,Relchenbach , P ,Carrara , A.2000; Comparing landslide maps: A case study in the upper tiber river basin, Cetral Italy Environmental Management, Vol 25,No.3 ,pp. 247-263.
- 16-Lee, S, Kyungduck, M ,2001; Statistical analysis of landslide susceptibility at Yonging, Korea, Environmental Geology, 40:1095-1113.
- 17-Michael D.Gee ,1991; Landslides ,Bell led@ Balker Rotterdam,ISBN 90 s4 10 032 x. classification of Landslide Hazard Zonation Methods and a test of predictive capability.
- 18-Van Westen ,C.J.1993 ;Ttaining Package for Geographic Information Systems in slope instability zonation, ITC, GISSIZ,15.
- 19-Van Westen, C.J , N.Rengers and R. soeters , 1993;Geographic Information Systems Applied to Landslide Hazard Zonation , mapping awareness and GIS in Europe ,Vol 7, No 5.
- 20-Yin, K. L. and Yan, T. Z. 1988;Statistical Prediction Models for Slope Instability of Metamorphose docks, Proceeding 5th International Symposium on Landslides, Lausanne, Switzerland, Vol2. pp.1269-1272

