فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران/ دورهٔ هشتم، شمارهٔ دوم، تابستان ۱۳۹۷
Disaster Prevention and Management Knowledge (DPMK)
Quarterly, Vol. 8, No. 2, Serial 28 (Summer 2018)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۱/۲۶

پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبریز رامیان (استان گلستان)

علیرضا صالحی‌پور میلانی[۱] و مجتبی یمانی[۲]

۱. استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی، تهران ، ایران (نویسنده مسئول).ar.salehipour@gmail.com

۲. استاد دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران ، ایران myamani@ut.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: امروزه وقوع حرکات دامنه‌ای خسارت‌هایی از قبیل کشتار انسان‌ها و احشام، از بین رفتن مناطق مسکونی، افزایش میزان فرسایش خاک، پر شدن مخازن سدها، از بین رفتن راه‌های ارتباطی و پل‌ها، کاهش حاصلخیزی زمین‌های کشاورزی و به تبع آن کاهش محصولات کشاورزی و افزایش میزان مهاجرت و مشکلات بسیار زیادی را نیز در بر می‌گیرد. بنابراین داشتن اطلاعات کافی در خصوص مناطقی که زمین لغزش در آن به وقوع پیوسته و بررسی، تجزیه و تحلیل و شناسایی عوامل مؤثر در وقوع این حرکات و همچنین مناطق مستعد این فرایندها بسیار الزامی است، تا با اتخاذ تصمیماتی از خسارت‌هایی که بر انسان و محیط و پیرامون آن تحمیل می‌کند، کاسته شود. در شمال کشور، استان گلستان با دارا بودن ۲۰۰ حرکت دامنه‌ای ثبت شده جزو مناطق بسیار فعال از لحاظ زمین لغزش است و حوضه آبریز رامیان در این استان، نیز با دارا بودن ۶۵ لغزش از استعداد پتانسیل بسیار بالایی برخوردار است. از این‌رو تحقیق حاضر با هدف شناسایی زمین لغزش‌ها و پهنه بندی خطر آن‌ها در این منطقه انجام گرفت.

روش: در این تحقیق با استفاده از مدل LNRF و ابزار GIS و RS نسبت به شناسایی زمین لغزش‌ها و پهنه بندی وقوع زمین لغزش‌ها اقدام شد. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که روش قبلی جمع آوری اطلاعات، با وجود کارایی بسیار خوبی که دارد، اما حاوی اشکالاتی نیز می‌باشد. در این تحقیق با اصلاح این مدل و در نظر گرفتن ضرایب اصلاحی جدید پهنه بندی زمین لغزش در این حوضه انجام گرفت. به منظور پهنه بندی خطر زمین لغزش در این تحقیق پارامترهای مؤثر بر زمین لغزش شامل زمین‌شناسی، فاصله از گسل، شیب، جهت شیب و کاربری اراضی مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها: بعد از تجزیه و تحلیل پارامترها با استفاده از ارزش وزن دهی شده، نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در این حوضه و در ۵ طبقه ترسیم گردید. در حدود ۳۵ درصد این حوضه در طبقه پتانسیل بالای زمین لغزش قرار دارند و این در صورتی است که روستاهای ملج آرام و ویرو در این منطقه با پتانسیل بالای خطر قرار گرفته‌اند.

نتایج: نتایج نشان می‌دهد، مناطق با پتانسیل بالای زمین لغزش در این حوضه که با استفاده از مدل LNRF به‌دست آمده است، با محل وقوع زمین لغزش‌های کنونی اتفاق افتاده، هم‌پوشانی بسیار خوبی دارد، و کارایی بالای این مدل را در پهنه‌بندی زمین لغزش نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: پهنه بندی خطر زمین لغزش، GIS ،LNRF، رامیان

◀ **استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** صالحی‌پور میلانی، علیرضا؛ یمانی، مجتبی (تابستان، ۱۳۹۷)، پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبریز رامیان (استان گلستان). *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۸* (۲)، ۱۶۱-۱۷۲.

Landslide Hazard Zoning in Ramian Basin (Golestan Provinces)

Alireza SalehiPour Milani[1] & Modjtaba Yamani[2]

1- Assistant Professor, Faculty of Earth Sciences, Department of Natural Geography, Shahid Beheshti University . Ar.salehipour@gmail.com

2- Professor, Faculty of Geography, Tehran Universitym. myamani@ut.ac.ir

ABSTRACT

Background and objective: Nowadays the slide movements may cause damages such as killing people and animals, destroying residential areas, increasing the soil erosion, filling the dams' reservoir, destroying roads and bridges, decreasing the soil fertility in farmlands and in consequence reducing the agricultural products and increasing the immigration to cities and many other problems. Therefore it is necessary to know the landslide zones and analyzing the effective elements on the movements to reduce the damages inflicted to people and environments. Golestan Provence, in north of Iran, with 200 registered slide movements, is one of the most active areas in terms of landslide and Ramian basin, with 65 movements, has a high potential. This study considers the landslides and hazard zoning in this area.

Method: This study is done by LNRF model and GIS and RS tool to identify landslides and movement zones. The results show some problems of the mentioned model despite of its efficiency, so modified and new factors considered in this basin. The effective parameters such as geology, distance from fault, slope, slope direction and land usage are considered in order to landslide hazard zoning.

Finding: The parameters analyzed by using weighted values method and then landslide hazard zoning map drew in 5 categories. About 35% of this basin located in high potential category whereas Malach Aram and Virou Villages are located in very high potential category.

Results: The results show that landslide high potential zone in this basin, categorized by using LNRF model, and actual location of landslides are well overlap which shows efficiency of this model for landslide zoning.

Keyword: landslide hazard zoning, LNRF, GIS, Ramian

▶**Citation (APA 6th ed.):** SalehiPour Milani A, Yamani M. (2018, Summer). Landslide hazard zonation in the Ramayan basin (Golestan province). *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK), 8*(2), 161-172.

مقدمه

زمین لغزش به عنوان یکی از فرایندهای مهم در چشم انداز مناطق کوهستانی به شمار می‌آید (هاتانجی و میروفسکی،۲۰۰۹، ص ۴۴۷). این پدیده یکی از سوانح طبیعی است که هر ساله موجب خسارات مالی و جانی فراوان در مناطق مختلف جهان شده است (مجامع فدراسیون بین‌المللی صلیب سرخ، ۲۰۰۰، و میسون، ۲۰۰۰، ص ۳) . زمین لغزش هر سال در بیشتر استان‌های کشور موجب خسارات اقتصادی به راه‌ها، خطوط راه آهن، خطوط انتقال نیرو و ارتباطات، کانال‌های آبیاری و آب‌رسانی، تأسیسات معدنی، تأسیسات استخراج، پالایش نفت و گاز، شبکه شریان‌های حیاتی درون شهرها، کارخانه‌ها و مراکز صنعتی، جنگل‌ها و مراتع و منابع طبیعی، مزارع و مناطق مسکونی و روستاها می‌شود یا آن‌ها را مورد تهدید قرار می‌دهد (پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، ۱۳۹۰). یکی دیگر از اثرهای غیر قابل انکار این پدیده تشدید فرسایش خاک و انتقال رسوب به پشت سدها و یا بندهای پایین دست حوضه آبریز است (علی محمدی، پاشایی اول، شتایی جویباری، ۱۳۸۸، ص ۵۹).بر اساس برآوردهای انجام شده خسارات جانی ناشی از ۲۵۴۸ زمین لغزش در کشور بالغ بر ۱۰۷ کشته و ۳۸۶ میلیارد ریال است (علیجانی، قهرودی، امیر احمدی، ۱۳۸۶، ص ۱۳۲). نواحی شمالی کشور به دلیل دارا بودن شرایط اقلیمی، مورفولوژیکی، تکتونیکی و سنگ‌شناسی دارای پتانسیل بالا از لحاظ وقوع زمین لغزش است. در شمال کشور، استان گلستان با دارا بودن ۲۰۰ حرکت ثبت شده جزو مناطق بسیار فعال از لحاظ زمین لغزش است (آبخیزداری استان گلستان، ۱۳۷۹،۸۴). از بین حوضه‌های آبریز استان گلستان، حوضه آبریز رامیان واقع در جنوب شهر رامیان از جمله حوضه‌های بسیار فعال در زمینه زمین لغزش در این استان است. ثبت بیش از ۲۵ حرکت دامنه‌ای (آبخیزداری استان گلستان ۱۳۷۱، ۶۴) که این تعداد پس از مطالعه میدانی انجام شده در این تحقیق به ۶۵ حرکت افزایش یافت، نشان‌دهنده استعداد بالای این حوضه در زمینه وقوع زمین لغزش است. این حرکات خسارات زیادی را هر ساله به مناطق مسکونی، پروژه‌های عمرانی و زمین‌های زراعی وارد آورده است. از آنجایی که پیش‌بینی دقیق زمان وقوع زمین لغزش مشکل است، شناسایی مناطق حساس به این پدیده و پهنه بندی آن‌ها بر اساس پتانسیل وقوع دارای اهمیت است (مصفایی، اونق، مصداقی و شریعت جعفری ۱۳۸۸،۴۲). شناخت نواحی مستعد وقوع حرکت‌های توده‌ای و زمین لغزه‌ها یکی از گام‌های اولیه در مدیریت منابع طبیعی و برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای و عمرانی است. حرکت‌های توده‌ای و زمین لغزه‌ها تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی متعددی رخ می‌دهند که ارزیابی تأثیر هر یک از این عوامل، نقش به‌سزایی در پیش‌بینی احتمال وقوع حرکت‌های توده‌ای و پهنه‌بندی خطر آن‌ها دارد.

روش‌های مختلفی برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش ارائه شده است که هیچ کدام قطعیت ندارد و روش‌های ارائه شده در بیشتر موارد برای به طور خاص و با انجام اصلاحاتی قابل اجرا است (آنبالاگان، ۱۹۹۲ ص ۲۶۹، آنبالاگان و سینگ ۱۹۹۶ ص ۲۳۷، ارومیه ای و مهدوی فر، ۲۰۰۰، ص ۲۰۷). یالکین (۲۰۰۸) با بررسی حساسیت زمین لغزش در اردسن ترکیه، نتایج روش‌های AHP و روش‌های دو متغیره را با هم مقایسه کرد. ناندی و شکور (۲۰۰۹) ارزیابی حساسیت زمین لغزش با استفاده از روش‌های دو متغیره و چند متغیره را در حوضه آبخیز رودخانه کوهایوگا را انجام دادند. متولی، اسماعیلی، حسین زاده (۱۳۸۸) از روش رگرسیون لجستیک برای پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش استفاده نموده بود. گوپتا (۱۹۹۰) روش LNRF در رامجانگا هند (ص ۱۱۹) و در لانگان چین فانیو (۲۰۰۷) به اجرا در آمده است. تاکنون روش‌های مختلفی برای پهنه بندی خطر زمین لغزش در کشور ارائه شده است که از آن جمله می‌توان به کارهای پیشین انجام شده به روش AHP، (بای و حاجی میر رحیمی، ۱۳۸۷، ص ۹، حاتمی فرد، موسوی و علیمرادی، ۱۳۹۱، ص ۴۳)، روش آمار دو متغیره (نصر آزادانی و شیرانی، ۱۳۸۸، ص ۲۴) روش نیلسن (شریفی و دریاباری، ۱۳۸۴، ص ۷۸) روش رگرسیون چند متغیره (جوادی و طهرانی فر، غلامی و فتاحی، ۱۳۹۱) ص، روش مدل آنتروپی (مقیمی و باقری و صفر راد، ۱۳۹۱) روش فاکتور اطمینان (بهشتی راد و فیض نیا، سلاجقه، احمدی، ۱۳۸۸، ص ۱۹)، روش منطق فازی (فرداد آل شیخ و وفایی نژاد، ۱۳۹۰) و روش شبکه عصبی مصنوعی (راکعی و خامه چیان، عبدالملکی، گیاهچی،۱۳۸۶،سوری و همکاران، ۱۳۹۰، ص ۵۷) اشاره کرد. در ایران برای اولین بار مدل LNRF در حوضه آبریز قورچای توسط

شکل ۱. موقعیت حوضه آبریز رامیان در استان گلستان (نگارنده)

صالحی پور (۱۳۸۰) مورد استفاده قرار گرفت. شادفر، یمانی، نمکی (۱۳۸۴) در حوضه آبریز تلخاب و نادری (۱۳۹۰) در حوضه آبریز چالکرود از این روش در پهنه‌بندی حرکات دامنه‌ای استفاده نمودند (ص ۹۵). سرور، ایلدرمی و روز بهانی (۱۳۸۸)، با استفاده از این روش پهنه‌بندی کردند و به این نتیجه رسیدند که این روش نتایج مناسبی را نشان می‌دهد و همخوانی زیادی با حوضه در جاده هراز LNRF مورد مطالعه دارد (ص ۱). رنجبر و افتخاری (۱۳۹۱) ، در پهنه‌بندی پدیده لغزش با استفاده از روش دریافتند که شرایط طبیعی حوضه مانند تکتونیک، ژئومورفولوژی، زمین شناسی و ... بستر مناسبی را برای وقوع زمینه‌ی بررسی روش‌های تحلیل سلسله لغزش به وجود آورده است (ص ۱۱۹). قهرمانی، خاشعی سیوکی و دخیلی (۱۳۹۱)، در مطالعه موردی: حوضه آبخیز النگ دره با استفاده از مدل‌های AHP، LNRF و FAHP مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که روش LNRF امکان بروز خطا در آن به حداقل رسیده و از روش‌های دیگر نیز مطمئن‌تراست(ص ۶۵).

این تحقیق با هدف پهنه بندی زمین لغزش در حوضه آبریز رامیان و با استفاده از روش LNRF صورت گرفت. با توجه به وزن‌دهی‌های صورت گرفته بر روی پارامترهای مؤثر در زمین لغزش در این حوضه، پهنه‌بندی زمین لغزش در پنج طبقه (مناطق احتمال وقوع بسیار بالا، احتمال وقوع بالا، احتمال وقوع متوسط، احتمال وقوع پایین و احتمال وقوع بسیار پایین) صورت گرفت که استعداد پهنه‌های مختلف این حوضه را از لحظه وقوع زمین لغزش نشان می‌دهد.

در شمال کشور، استان گلستان با دارا بودن ۲۰۰ حرکت ثبت شده جزو مناطق بسیار فعال از لحاظ زمین لغزش است. (آبخیز داری استان گلستان- ۱۳۷۱) حوضه آبریز رامیان که با وسعت ۲۹۸ کیلومتر مربع و بین طول و عرض جغرافیایی ۲۰¢ °۵۵ – ′۰۰ °۵۵ و عرض جغرافیایی ′۱۵ °۳۷–′۰۰ °۳۷قرار دارد مرز حوضه با استفاده از نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ توپوگرافی شش آب و تیل‌آباد، در جنوب شهرستان گنبدکاووس قرار دارد، از جمله حوضه‌های بسیار فعال در زمینه زمین لغزش در این استان است. ثبت بیش از ۶۵ حرکت دامنه‌ای نشان دهنده پتانسیل بالای این حوضه برای حرکات دامنه‌ای است.

روش

به منظور بررسی زمین لغزش که ماده خام و اولیه تحقیق مورد نظر

است، از برداشت‌های اولیه انجام شده به وسیله بخش زمین لغزش مرکز مطالعات آبخیزداری جهاد کشاورزی استان گلستان استفاده شد. با مطالعه بر روی برداشت‌های انجام گرفته به وسیله این بخش و ورود آن به کامپیوتر و تجزیه و تحلیل‌های مقدماتی، مشخص شد که اطلاعات به‌دست آمده بسیار اندک است و به هیچ عنوان نمی‌تواند گویای تعداد واقعی زمین لغزش به وقوع پیوسته باشد. این مسئله هنگامی آشکارتر گردید که در حوضه آبریز کشکک و ویرو هیچ‌گونه حرکت دامنه‌ای ثبت نشده بود و پس از مراجعه به آن منطقه و مطالعات میدانی حدود ۱۵ حرکت در این زیر حوضه شناسایی گردید. همچنین بزرگ‌ترین لغزش منطقه در محل روستای ویرو با طول حدود ۷۰۰ متر و عرض توده جابجا شده در حدود ۸۰۰ متر از طریق عکس هوایی شناسایی و با مراجعه به منطقه برداشت شد؛ در حالی‌که در برداشت‌های این مرکز اشاره‌ای به آن نشده و حتی بر روی نقشه زمین‌شناسی شیت گرگان با عنوان مخروط‌افکنه از آن یاد شده بود. با توجه به این نواقص و نیاز به کسب اطلاعات جامع و کامل‌تر از منطقه، ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat ETM و عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰، برداشت شده در سال ۱۳۷۲ و همچنین با استفاده از مطالعات میدانی نسبت به ثبت این حرکات با استفاده از GPS اقدام شد. تعداد ۶۵ حرکت در این حوضه به ثبت رسید و سپس این زمین لغزش‌ها وارد نرم افزار Arc/GIS گردید.

از مدل LNRF در حوضه آبریز رامجانگا هند جهت پهنه‌بندی زمین لغزش استفاده شد (گوپتا ۱۹۹۸). به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده از مطالعات میدانی و نیز بررسی متغیرهای مؤثر، از مدل LNRF به عنوان مهم‌ترین ابزار مفهومی تحقیق استفاده شد. روش کار نیز روش رقومی کردن و لایه‌بندی متغیرها در قالب سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. در این مرحله نقشه‌های زمین‌شناسی، شیب، جهت شیب، گسل‌ها و کاربری اراضی با پراکنش زمین لغزش‌ها تطبیق داده شد و با استفاده از رابطه یک، وزن هر واحد محاسبه و نقشه‌های وزنی در این مدل ساخته شد. به منظور تعیین وزن هر پارامتر، ابتدا تعداد زمین لغزش در هر واحد بر میانگین کل واحدهای آن نقشه تقسیم می‌شود.

با هدف تعیین وزن هر پارامتر ابتدا تعداد زمین لغزش در هر واحد بر میانگین تعداد کل واحدهای آن نقشه تقسیم و شاخص یاد شده تعیین و پهنه بندی انجام می‌گیرد. بالاترین ارزش بیش از یک است، به این معنی که زیر طبقه‌های معین از لحاظ وقوع زمین لغزه بالاتر از حد میانگین هستند. به عبارت دیگر ارزش کمتر از یک بدین معنی است که زیر طبقه‌های آن دامنه‌های بسیار پایدارتر و ارزش مساوی LNRF بدین معنی است که زیر طبقه‌ها حالت میانگین را دارا هستند (جدول یک).

رابطه (۱) عامل عددی خطر حرکات دامنه ای عبارت است از:

$$LNRF = \frac{\text{وقوع حرکات دامنه ای در هر یک از طبقه‌ها}}{\text{میانگین وقوع زمین لغزه‌ها نسبت به کل}}$$

با توجه به رابطه ۱ وزن هر یک از عوامل از جدول ۱ بدست آمد.

جدول ۱. وزن مربوط به مدل LNRF

ردیف	LNRF مقدار	وزن (Weight)
۱	LNRF<۱	۰
۲	LNRF<۱>۲۱	۱
۳	LNRF>۲	۲

برای محاسبه ابتدا وقوع زمین لغزه‌ها در هر زیر طبقه محیطی محاسبه شده و میانگین واقعی طبقه به‌دست آمد. وقوع حرکات دامنه‌ای در هر یک از زیر طبقه‌ها با میانگین ارزش مخصوص به خود مقایسه شد و LNRF آن به‌دست آمد و در انتها با تلفیق نقشه‌های وزن‌دهی شده، توسط مدل LNRF نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبریز مورد مطالعه محاسبه گردید.

یافته‌ها

به منظور بررسی میزات تأثیر پارامترهای طبیعی بر زمین لغزش‌های صورت گرفته در منطقه مورد مطالعه و استفاده از این داده‌ها در پهنه‌بندی زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه خصوصیات پنج پارامتر سنگ شناسی، گسل‌ها، شیب، جهت شیب و کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفت.

بررسی پارامترهای مؤثر در وقوع حرکات دامنه‌ای در حوضه آبریز رامیان

سنگ شناسی:

با استفاده از نقشه زمین‌شناسی چهار گوشه گرگان، نقشه

زمین‌شناسی حوضه مورد مطالعه رامیان تهیه شد. از لحاظ اهمیت و میزان گسترش سنگ‌شناسی حوضه آبریز رامیان به پنج واحد اصلی تقسیم می‌شود:

- آهک (سازندهای تیز کوه، خوش ییلاق، مبارک، قزل قلعه، روته، نسن)؛
- شیل (سازند شمشک)؛
- پادگانه آبرفتی؛
- ماسه سنگ سازند دورود؛
- سایر سنگ‌ها شامل مارن، گچ، کنگلومرا که وسعت بسیار کمی از حوضه را به خود اختصاص داده است.

گسل‌ها

با توجه به نقشه زمین شناسی چهار گوشه گرگان نقشه گسل‌ها و شکست‌های تکتونیکی منطقه مورد مطالعه تهیه شد.

از لحاظ ساختمانی این منطقه به دو قسمت گسل‌ها و چین‌ها تقسیم می‌شود. گسل‌های این حوضه شامل سه گسل اصلی و یازده گسل فرعی است. گسل‌های اصلی شامل:

الف) گسل البرز ــ خزر؛

ب) گسل سرخان؛

ج) گسل زیرین گل و گسل‌های فرعی شامل: گسل ویرو- رجن، گسل الهادی - رجن، گسل قلعه ماران، گسل رامیان، گسل سید کلاته، گسل فرعی ویرو، گسل فرعی الهادی، گسل فرعی البرز – خزر، گسل ملچ آرام اصلی، گسل ملچ آرام شرقی، گسل ملچ آرام غربی.

کاربری اراضی:

نقشه کاربری اراضی حوضه با استفاده از نقشه ۱۰۰/۰۰۰ کاربری اراضی جهاد کشاورزی تهیه گردید. به طورکلی کاربری اراضی این حوضه را می‌توان به چهار گروه تقسیم نمود:

۱)جنگل‌های انبوه ۲) جنگل‌های نیمه انبوه ۳) زمین‌های زراعی آبی ۴) زمین‌های زراعی دیم

جهت عرضه دامنه:

روند ساختاری جهت دامنه حوضه مورد مطالعه شرقی – غربی و شمال شرقی جنوب غربی است که بر اساس تمایل فیزیوگرافی آن‌ها می‌باشد. از این رو توزیع زمین لغزه‌ها در جهت زاویه‌های متفاوت می‌تواند برای تخمین تأثیر ساختار سنگ‌ها و فیزیوگرافی آن‌ها بر فعالیت حرکات به کار گرفته شود. به منظور تجزیه و تحلیل آن‌ها در ۹ کلاس طبقه‌بندی شدند (مناطق هموار، W, S, SW, SE, S, NW, NE, N) برای تهیه این نقشه ابتدا منحنی ترازهای ۱۰۰ متری حوضه در محیط ARC/GIS رقومی شد و در محیط ARC/GIS نقشه جهت دامنه به‌دست آمد.

رابطه بین پراکندگی زمین لغزش‌ها و پارامترهای مورد مطالعه:

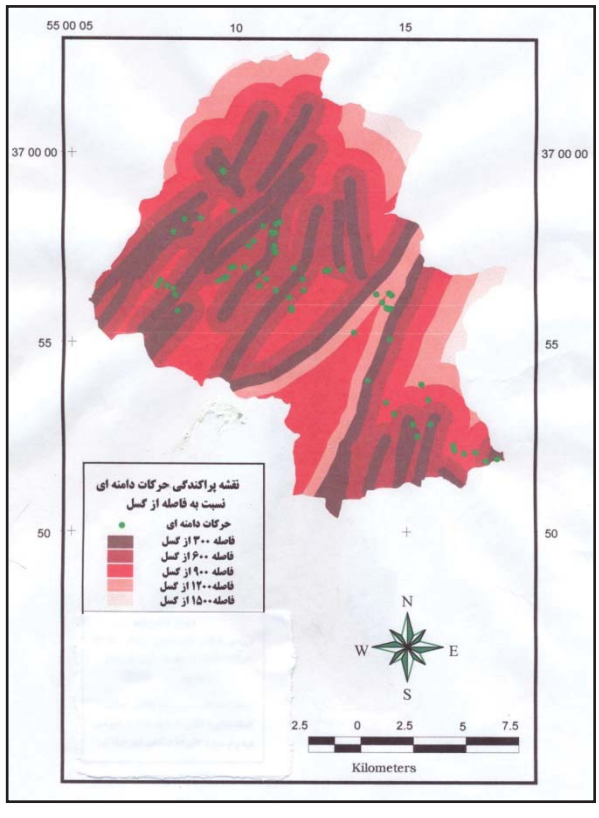
به منظور برقراری ارتباط بین در بین حرکات دامنه‌ای و پارامترهای مورد مطالعه، لایه حرکات ثبت شده و متغیرهای مورد بررسی در محیط ARC/GIS هم‌پوشانی داده شده، تجزیه و تحلیل داده‌ها در این محیط صورت گرفت.

رابطه بین حرکات دامنه‌ای و فاصله از خطوط گسل:

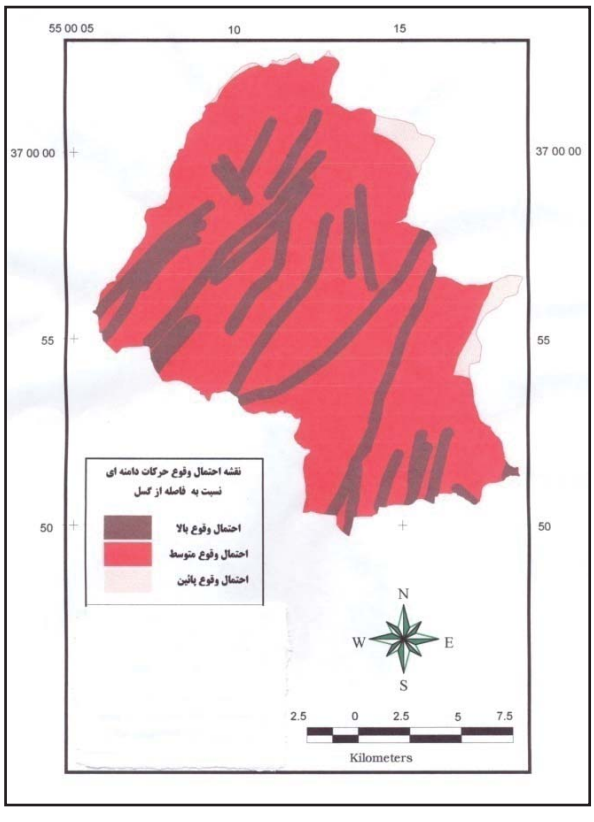
جهت به‌دست آوردن رابطه بین تعداد وقوع حرکات دامنه‌ای و فاصله از گسل‌ها، ابتدا برای گسل‌های حوضه با توجه به الگوی ارائه شده در مطالعات گوپتا (۱۹۹۸). بافرهایی ۳۰۰ متری توسط نرم‌افزار ARC/GIS تهیه گردید و نقشه پراکندگی حرکات دامنه‌ای با این نقشه هم‌پوشانی داده شد. سپس فاصله این حرکات از گسل‌ها تعیین شد (شکل ۲). همان‌طور که در جدول دو مشاهده می‌شود، فاصله ۳۰۰-۰ متر از گسل بیشترین فراوانی وقوع زمین لغزش با تعداد ۲۳ لغزش در این منطقه روی داده و بیشترین میزان LNRF ۱/۷۷ را به خود اختصاص داده است و جزو مناطق با احتمال وقوع بالا به حساب می‌آید. فواصل ۶۰۰-۳۰۰ و ۹۰۰-۶۰۰ و ۱۲۰۰-۹۰۰ به ترتیب با ۱۵، ۱۳ و ۱۰ حرکت و با LNRFهای ۱/۱۵، ۱ و ۰/۷ جزو مناطق با احتمال وقوع متوسطه و فاصله بیش از ۱۲۰۰ متر با ۴ حرکت و LNRF ۰/۳ جزو مناطق با احتمال وقوع پایین است (شکل، ۳).

جدول ۲. رابطه بین وقوع حرکات دامنه‌ای و فاصله از گسل و میزان LNRF

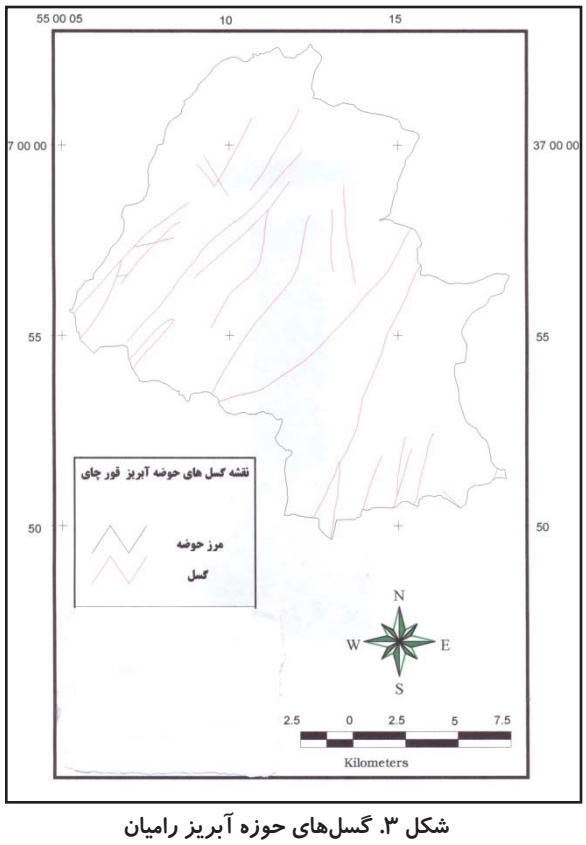
فاصله از گسل	حرکات دامنه ای	درصد حرکات دامنه ای نسبت به کل حرکات	LNRF
۰-۳۰۰	۲۳	٪۳۵,۴	۱,۷۷
۳۰۰-۶۰۰	۱۵	٪۲۳,۱	۱,۱۵
۶۰۰-۹۰۰	۱۳	٪۱۸,۸	۱
۹۰۰-۱۲۰۰	۱۰	٪۱۴,۵	۰,۷۷
۱۲۰۰ <	۴	٪۵,۸	۰,۳
مجموع	۶۵	٪۱۰۰	



شکل ۲. پراکندگی حرکات دامنه ای نسبت به فاصله از گسل



شکل ۴. احتمال وقوع حرکات دامنه‌ای نسبت به فاصله از گسل



شکل ۳. گسل‌های حوزه آبریز رامیان

رابطه بین حرکات دامنه‌ای و سنگ شناسی

با توجه به جدول ۳، سنگ آهک با (LNRF) ۱/۸۴ و با وقوع ۳۰ زمین لغزش، به همراه شیل با ۲۷ زمین لغزش و (LNRF) ۱/۶۶ دارای احتمال بالا در وقوع زمین لغزش است. پادگانه آبرفتی با ۶ حرکت و (LNRF) ۰/۳ و ماسه سنگ با ۲ حرکت و (LNRF) ۰/۲ احتمال پایینی برای وقوع زمین لغزش دارند.

جدول ۳. رابطه بین حرکات دامنه‌ای و سنگ شناسی و میزان LNRF

جنس سنگ	حرکات دامنه‌ای	درصد حرکات دامنه ای نسبت به کل	LNRF
آهک	۳۰	٪۴۶	۱,۸۴
شیل	۲۷	٪۴۱,۵	۱,۶۶
پادگانه آبرفتی	۶	٪۹,۲	۰,۳۷
ماسه سنگ	۲	٪۳,۱	۰,۱۲
سایر سنگ‌ها	۰	۰	۰
مجموع	۶۵	٪۱۰۰	

رابطه بین حرکات دامنه‌ای و جهت عرضه دامنه

همان‌طور که در جدول چهار مشاهده می‌شود، دامنه‌های شمال غربی با ۲۳ زمین لغزش و (LNRF) ۲/۸ بیشترین فراوانی وقوع حرکات

دامنه‌ای را در داخل حوضه دارا است؛ و دامنه‌های شمال شرقی، شمال غربی و جنوب غربی به ترتیب با ۱۳ و ۱۲ زمین لغزش و با (LNRF) ۱/۶ و ۱/۴۷ جزو مناطق با احتمال بالای وقوع حرکات دامنه‌ای، دامنه‌های جنوبی با ۶ حرکت و (LNRF) ۰/۷۴ جزو مناطق با احتمال وقوع متوسط و دامنه‌های شمالی، شرقی، غربی جزو مناطق با احتمال وقوع پایین محسوب می‌شوند.

جدول ۴. رابطه بین وقوع حرکات دامنه‌ای و جهت عرضه دامنه و میزان LNRF

LNRF	درصد حرکات دامنه ای نسبت به کل	حرکات دامنه ای	جهت شیب
۰	۰	۰	هموار
۰,۵	٪۶	۴	N
۱,۶	٪۲۰	۱۳	NE
۲,۸	٪۳,۵	۲۳	NW
۰,۷۴	٪۹	۶	S
۰,۲۴	٪۳	۲	SE
۱,۴۷	٪۱۸	۱۳	SW
۰,۲۴	٪۳	۲	E
۰,۳۷	٪۴,۶	۳	W
	۱۰۰	۶۵	مجموع

رابطه بین کاربری اراضی و حرکات دامنه‌ای

با توجه به جدول ۵ جنگل نیمه انبوه با دارا بودن ۲۷ زمین لغزش و (LNRF) ۱/۶۶ دارای بیشترین فراوانی در وقوع زمین لغزش است و به همراه زمین‌های زراعی دیم با ۲۶ حرکت و (LNRF) ۱/۶ جزو مناطق با ریسک بالای وقوع زمین لغزش محسوب می‌شود. منطقه جنگل انبوه با ۱۲ زمین لغزش و (LNRF) ۰/۷۴ جزو مناطق با احتمال وقوع متوسط و زمین زراعی آبی نیز جزو مناطق با احتمال پایین محسوب می‌شود.

جدول ۵. رابطه بین وقوع حرکات دامنه ای و کاربری اراضی و میزان LNRF

LNRF	درصد حرکات دامنه ای نسبت به کل	حرکات دامنه ای	کاربری اراضی
۱,۶	٪۴۰	۲۶	زمین زراعی
۱,۶۶	٪۴۱	۲۷	جنگل نیمه انبوه
۰,۷۴	٪۱۹	۱۲	جنگل انبوه
۰	۰	۰	زمین زراعی
	٪۱۰۰	۶۵	مجموع

اشکالات وارده بر مدل LNRF

پس از انجام بررسی‌های مقدماتی از نتایج به‌دست آمده و تجزیه و تحلیل داده‌های مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه، وجود نواقصی در این مدل آشکار شد که انجام اصلاحاتی چند در این مدل را ضروری می‌نمود.

نواقص مدلLNRF

الف: منظور نکردن عامل زاویه شیب به عنوان اصلی‌ترین عامل در وقوع حرکات دامنه‌ای؛

ب: عدم توجه به تأثیر عامل وسعت سازندهای زمین‌شناسی و کاربری‌های زمین در تعداد وقوع حرکات دامنه‌ای.

الف) نقش درجه شیب در حرکات دامنه‌ای

مدل(LNRF) درجه شیب را، به مثابه‌ی متغیری وابسته به چهار متغیر فوق دانسته است (B.R .Gupta ۱۹۹۰). در صورتی که متغیر درجه شیب دامنه در وقوع حرکات دامنه‌ای، یک متغیر مستقل بوده و اصلی‌ترین نقش را از لحاظ سطح لغزش در اختیار حرکات دامنه‌ای قرار می‌دهد. بدین معنی که زاویه شیب متناسب با مؤلفه‌ی جاذبه در طول سطوح شیب دار عمل می‌کند. بنابر این در ارتباط میان میزان و تعداد حرکات دامنه‌ای در طول یک شیب، باید سینوس زاویه را در نظر داشت. باید توجه داشت که همواره بین وزن (W) و جرم یک توده که بر روی دامنه قرار دارد، و زاویه شیب، رابطه زیر برقرار است: (شریعت جعفری ۱۳۷۵)

$$wn = w\cos q = Mg\cos q$$

$$wp = w\sin(= Mg\sin q$$

از این رو منظور نکردن این عامل در مدل و بررسی به عمل آمده، فاقد توجیه علمی است.

رابطه وسعت سازندهای زمین‌شناسی و کاربری زمین در وقوع حرکات دامنه‌ای

در امر بررسی حرکات دامنه‌ای، می‌توان میان وسعت سازندهای زمین‌شناسی و کاربری اراضی در تعداد حرکات به وقوع پیوسته زمین، رابطه مستقیمی برقرار نمود. زیرا هر چه وسعت یک سازند یا نوع کاربری اراضی در یک منطقه بیشتر باشد، امکان ثبت تعداد بیشتر حرکات در آن وجود دارد. به طور مثال اگر سازند زمین‌شناسی آهک در یک حوضه، حدود ۶۰ درصد وسعت حوضه را فرا گرفته

باشد و تعداد وقوع حرکات دامنه‌ای در این سازند از ۱۰۰ حرکت ۵۰ حرکت باشد و شیل با وسعت ۳۰ درصد، ۴۰ حرکت داشته باشد. بدون در نظر گرفتن وسعت زیاد سازند آهک نسبت به شیل، با توجه به مدل (LNRF) بیشترین احتمال را در وقوع حرکات دامنه‌ای می‌تواند داشته باشد. این امر در زمینه کاربری اراضی نیز صدق می‌کند. از این رو هنگامی می‌توانیم از این مدل در ارزش‌گذاری میزان (LNRF) استفاده کنیم که شرایط مساوی از جهت امتیازدهی برقرار باشد. به منظور تصحیح و رفع این مشکل جهت همسان‌سازی واحدها نسبت به یکدیگر و به دست آوردن ارزش واقعی آن‌ها در بررسی زمین لغزش فرمول زیر پیشنهاد می‌شود.

$$LNRF(L) = \frac{(AL)}{(aL)} \times QL$$

AL = مساحت بزرگ‌ترین واحد منطقه؛

aL = مساحت واحد مورد مطالعه؛

QL = تعداد حرکات به وقوع پیوسته در واحد مورد مطالعه.

با توجه به موارد فوق نسبت به تصحیح و انجام تغییرات در این مدل اقدام شد و نتایج ذیل حاصل گردید:

رابطه بین میزان شیب دامنه با حرکات دامنه‌ای

نقشه شیب دامنه به درصد و با استفاده مدل ارتفاعی رقومی و با استفاده از از نرم‌افزار Arc/GIS/GIS تهیه گردید. با توجه به جدول ۶ شیب‌های بین ۴۵-۳۰ درصد با وقوع ۳۲ حرکت و (LNRF) ۱/۹۷ بالاترین میزان حرکت دامنه‌ای را دارا است. شیب‌های بالای ۴۵ درصد با وقوع ۲۷ حرکت و داشتن ۱/۶۶، جزو دامنه‌های با احتمال وقوع بالا محسوب می‌شوند و شیب ۳۰-۱۵ جزو مناطق با احتمال وقوع پایین به شمار می‌آیند (شکل،۵)

جدول ۶. رابطه بین وقوع حرکات دامنه ای و میزان شیب دامنه و میزان LNRF

LNRF	درصد حرکات دامنه ای نسبت به کل حرکات	حرکات دامنه ای	درصد شیب
۰	۰	۰	۰-۱۵
۰,۴۳	٪۱۰,۷	۷	۱۵ -۳۰
۱,۹۷	٪۴۹,۲	۳۲	۳۰ -۴۵
۱,۶۶	٪۴۰	۲۷	۴۵ <
	٪۱۰۰	۶۵	مجموع

رابطه بین حرکات دامنه ای و سنگ‌شناسی با استفاده از مدل اصلاح شده LNRF (L)

همان‌طور که در جدول هفت مشاهده می‌شود، مدل (LNRF) اصلاح شده نسبت به (LNRF) اصلاح نشده، در جدول سه تغییرات قابل توجهی را نشان می‌دهد. واحد سنگ‌شناسی آهک هر چند هنوز بیشترین امتیاز (LNRF) را به خود اختصاص داده است، ولی میزان وزن آن کاهش چشمگیری داشته و از ۱/۸۴ به ۱/۳۴ تقلیل یافته است و به عنوان واحد سنگ‌شناسی با احتمال وقوع بالا، همچنین شیل نیز با کاهش میزان (LNRF) ۱/۶۶ به ۱/۲۷ به احتمال وقوع متوسط تقلیل یافته است. در پادگانه آبرفتی تغییر قابل ملاحظه‌ای به وجود آمده و وزن آن از ۰/۳۷ به ۱/۰۹ افزایش یافته است. این پادگانه آبرفتی جزو مناطق، با احتمال وقوع متوسط، تبدیل شده است. ماسه سنگ نیز (LNRF) آن از ۰/۱۳ به ۰/۲۷ افزایش یافت. ولی همچنان جزو مناطق با احتمال وقوع پایین به شمار می‌آید (شکل ۶)

جدول ۷. رابطه بین وقوع حرکات دامنه‌ای و سنگ شناسی با استفاده از مدل اصلاح شده LNRF(L)

LNRF(L)	تعداد اصلاح شده حرکات دامنه ای	LNRF	حرکات بوقوع پیوسته	جنس سنگ
۱/۳۶	۳۰	۱/۸۴	۳۰	آهک
۱/۲۷	۲۸	۱/۶۶	۲۷	شیل
۱/۰۹	۲۴	۰/۳۷	۶	پادگانه آبرفتی
۰/۲۷	۰	۰/۱۲	۲	ماسه سنگ
۰	۰	۰	۰	سایر سنگها
			۶۵	مجموع

رابطه بین حرکات دامنه‌ای و کاربری اراضی با استفاده از مدل اصلاح شده (L)

با توجه به جدول شماره هفت میزان (LNRF) اصلاح شده نسبت به (LNRF) اصلاح نشده، تغییراتی را نشان می‌دهد. کاربری زمین دیم که در جدول پنج در رده دوم قرار داشت، امتیاز آن از ۱/۶ به ۱/۸ افزایش یافت و به عنوان پارامتر اول مطرح شد. جنگل نیمه انبوه در مدل اصلاح شده در رتبه دوم قرار دارد، ولی امتیاز آن تغییر ننموده است.

در مورد جنگل انبوه نیز تغییراتی صورت گرفته و (LNRF) آن از ۰/۷۶ به ۰/۵۵ کاهش یافته است. از این نظر رتبه آن از منطقه

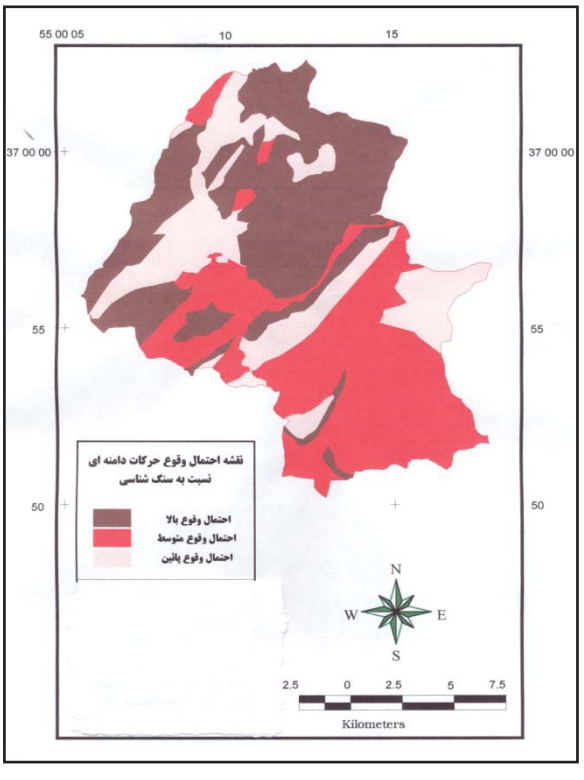
با احتمال وقوع متوسط، به منطقه با احتمال وقوع پایین تنزل یافت که با واقعیت زمینی همخوانی نشان می‌دهد. همچنین زمین زراعی آبی همان ارزش سابق خود را دارا لست (شکل،۷)

جدول ۸. رابطه بین وقوع حرکات دامنه ای و کاربری اراضی با استفاده از مدل اصلاح شدهLNRF(L)

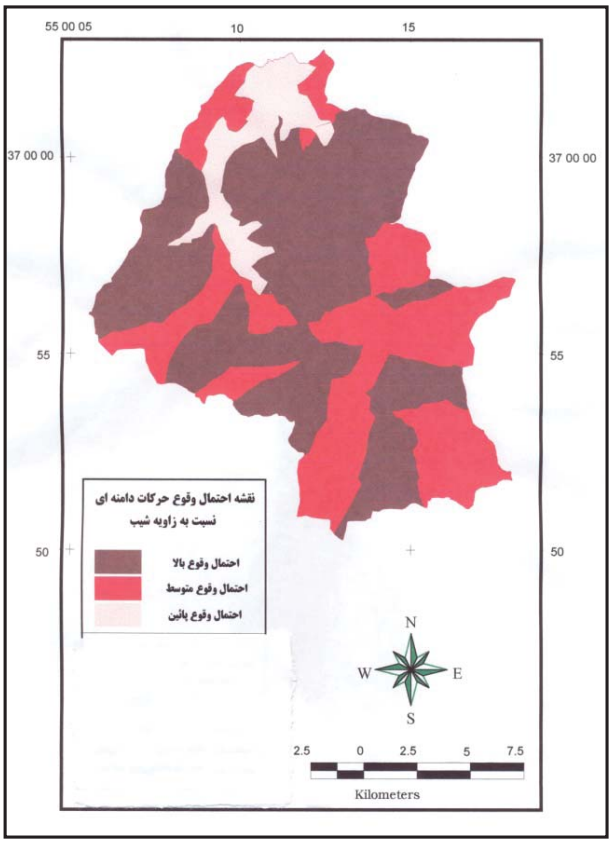
کاربری اراضی	حرکات به وقوع پیوسته	LNRF	تعداد اصلاح شده حرکات دامنه ای	LNRF(L)
زمین زراعی دیم	۲۶	۱,۶	۳۹	۱,۸
جنگل نیمه انبوه	۲۷	۱,۶۶	۳۵	۱,۶۲
جنگل انبوه	۱۲	۰,۷۴	۱۲	۰,۵۵
زمین زراعی آبی	۰	۰	۰	
مجموع	۶۵			

تلفیق لایه‌ها و پهنه بندی خطر وقوع حرکات دامنه‌ای حوضه آبریز رامیان

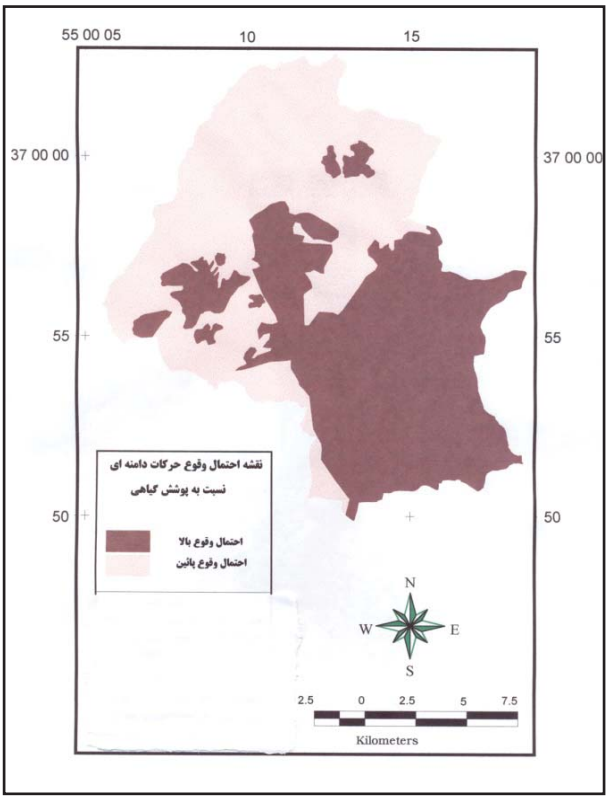
با توجه به نتایج به‌دست آمده از مدل (LNRF) حوضه آبریز رامیان، از نظر پارامترهای مورد بررسی سنگ‌شناسی، فاصله از گسل، جهت عرضه دامنه، میزان شیب و کاربری اراضی به پهنه‌های با احتمال وقوع بالا، متوسط و پایین تقسیم‌بندی شد.



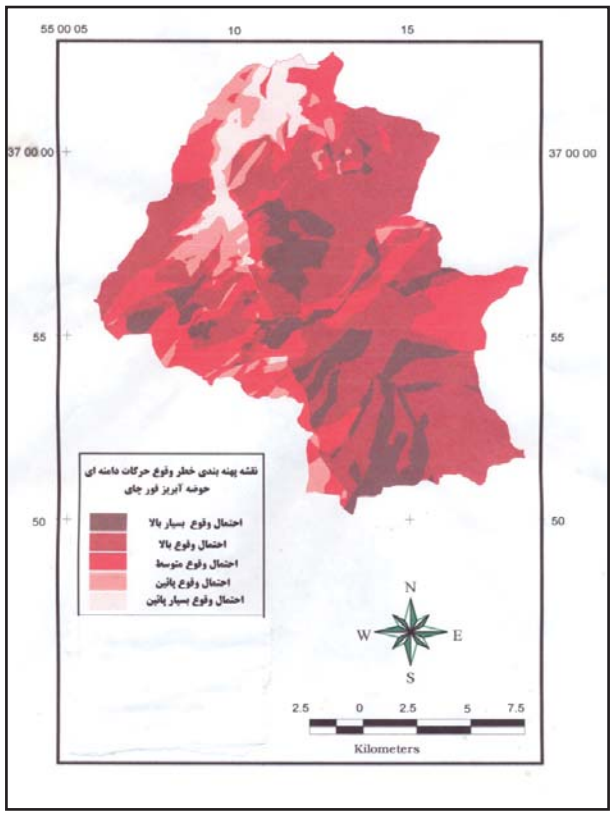
شکل ۵. احتمال وقوع حرکات دامنه ای نسبت به زاویه شیب



شکل ۶. احتمال وقوع حرکات دامنه ای نسبت به سنگ شناسی



شکل ۷. احتمال وقوع حرکات دامنه ای نسبت به کاربری اراضی



شکل ۸. پهنه‌بندی حرکات دامنه‌ای در حوزه آبریز رامیان

نتیجه گیری

در این مدل چهار پارامتر اصلی (سنگ‌شناسی، پوشش گیاهی، جهت دامنه و فاصله از گسل) مورد بررسی قرار گرفته است. این پارامترها می‌تواند دقت نتایج در امر پهنه‌بندی حرکات دامنه‌ای را افزایش دهد. نحوه امتیازدهی به پارامترها بر اساس اصل پراکندگی در جغرافیا است. فراوانی هر فرایند در یک منطقه نشان می‌دهد استعداد خاص آن منطقه در زمینه ایجاد فرایند چگونه است. هر چه شدت این فرایندها در یک منطقه بیشتر باشد، استعداد بالای آن منطقه در تحول و شکل زایی یک منطقه بیشتر بوده، و در نظر قرار دادن این اصل سبب افزایش ضریب اطمینان در امر امتیازدهی به پهنه‌های مختلف یک حوضه است.

اما همان‌طور که اشاره شد این مدل دارای دو اشکال اساسی است: نخست عدم توجه به عامل میزان شیب؛ و دوم عدم توجه به وسعت و گسترش واحدهای سنگ‌شناسی و کاربری اراضی و تأثیر آن در بالا رفتن حرکات دامنه‌ای است.

اشکال دیگری که می‌توان به آن اشاره نمود نحوه امتیازدهی نهایی به این عوامل، بر اساس میزان تأثیر آن در وقوع زمین لغزش است. اگر متعیر درصد شیب، با جهت دامنه هم ارزش باشد، در نتایج نهایی پهنه‌بندی، حرکت دامنه‌ای، میزان و ضریب اطمینان را کاهش می‌دهد.

از این رو استفاده از این مدل بدون اعمال اصلاحات به عمل آمده، ضریب اطمینان بالایی ندارد. ولی با اعمال اصلاحات پیشنهادی دقت مدل بالا رفته و می‌توان آن را به عنوان مدلی قابل اطمینان در پهنه‌بندی حرکات دامنه‌ای مورد استفاده قرار داد.

در بررسی عواملی که باعث وقوع فرایندهایی در محیط طبیعی می‌شوند، باید به این نکته توجه داشت که هر چند یک منطقه از لحاظ ویژگی‌های اقلیمی در یک محدوده واقع شده است، اما هر حوضه ساختار زمین‌شناسی و مورفولوژی خاص خود را دارد. از این رو جهت تجزیه و تحلیل فرایندهای ژئومورفولوژیکی یک منطقه باید هر کدام از حوضه‌ها را به طور جداگانه و با توجه به وضعیت طبیعی آن حوضه، مورد بررسی قرار گیرد.

از این رو نتایجی که از مدل‌ها و ضرایبی که جهت تحلیل وضعیت طبیعی در یک حوضه به دست می‌آید، نمی‌توان به سایر حوضه‌ها تعمیم داد. تعمیم نتایج به دست آمده از یک حوضه به حوضه‌های دیگر، ضریب اطمینان نتایج به دست آمده را به میزان زیادی کاهش می‌دهد.

نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در این حوضه و در پنج طبقه ترسیم گردید. در حدود ۳۵ درصد این حوضه در طبقه پتانسیل بالای زمین لغزش قرار دارند و این در حالی است که روستاهای ملچ، آرام و ویرو با ضریب پتانسیل بالای خطر، در این منطقه قرار گرفته‌اند.

همچنین مناطق با پتانسیل بالای زمین لغزش در این حوضه که با استفاده از مدل (LNRF) به دست آمده است، با محل وقوع زمین لغزش‌های کنونی هم پوشانی معناداری دارد، و کارایی بالای این مدل را در پهنه‌بندی زمین لغزش نشان می‌دهد.

منابع

. آبخیز داری جهاد کشاورزی، استان گلستان (۱۳۷۱). طرح آبخیزداری ویرو، ۱۲۸-۸۴

آبخیز داری جهاد کشاورزی استان گلستان (۱۳۷۹).پرسشنامه زمین لغزه های استان گلستان (۱-۷۸)

بهشتی راد، مسعود، فیض نیا، سادات، سلاجقه، علی و احمدی، حسن (۱۳۸۸) بررسی کارایی مدل پهنه بندی خطر زمین لغزش فاکتور اطمینان) CF(مطالعه موردی حوضه آبخیز معلم کلایه، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال دوم، شماره ۵، صص ۱۹ تا ۲۸
http://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=123630

پایگاه ملی داده های علوم زمین کشورwww.ngdir.ir

حاتمی فرد، رامین، موسوی، سید حجت و علیمرادی، مسعود (۱۳۹۱) پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل AHP و و تکنیک GIS در شهرستان خرم آباد، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۳، پیاپی، شماره ۳، صص ۴۳ تا ۶۰
http://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=182294

رنجبر، محسن، معمارافتخاری، محمد، ۱۳۹۱، پهنه بندی پدیده‌ی لغزش با استفاده از روش LNRF در جاده

هراز (از امامزاده هاشم تا لاریجان)، فصلنامه انجمن جغرافیایی ایران، شماره ۳۳، ص ۱۱۹
http://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=162999

سازمان جغرافیایی نیرو های مسلح، ۱۳۷۵، " نقشه های ۱:۵۰۰۰۰ شش آب و تیل آباد".

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی، نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ چهار گوشه گرگان

سرور، جلیل الدین، ایلدرمی، علیرضا، روزبهانی، حبیبه، ۱۳۸۸، پهنه بندی حرکات توده ای با استفاده از مدل LNRF . حوضه سد کلان ملایر)، نشریه آمایش محیط دانشگاه آزاد ملایر، شماره ۵، ص ۱
http://www.sid.ir/Fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=112790

شریعت جعفری، محسن (۱۳۷۵) زمین لغزش:انتشارات ساوه، ۴۸

شریعت جعفری محسن، غیومیان جعفر، ارزیابی کارایی مدل آنالیز آماری دو متغیره در پهنه بند خطر رانش زمین (۱۳۸۷)، مجله علوم دانشگاه تهران، جلد سی و چهارم، شمارۀ۱، ۱۴۳-۱۳۷
https://journals.ut.ac.ir/article_27043_2770.html

شادفر صمد، یمانی مجتبی، پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوزۀ آبخیز جلیسان با استفاده ازمدل LNRF، پژوهش‌های جغرافیایی، شمارۀ ۶۲،۲۳-۱۱
https://journals.ut.ac.ir/article_19186.html

شادفر، صمد؛ یمانی، مجتبی؛ نمکی، محمد (۱۳۸۴). پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل LNRF در حوضه آبریز چالکرود: آب و آبخیز شماره،۶۲، ۴۰-۴۷،
http://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=191200

شریفی، رحمان و دریاباری، سید جمال (۱۳۸۴)- روش نیلسن و بهینه سازی آن در پهنه بندی خطر زمین لغزش، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۱، پیاپی ۷۶، صص ۷۸ تا ۸۹
https://www.noormags.ir/view/fa/magazine/number/5904

صالحی پور میلانی (۱۳۸۰)، بررسی پارامتر های هیدرومورفیک موثر در حرکات دامنه ای حوضه آبریز قوری چای، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران

علی محمدی، صفیه ؛ پاشایی اول، عباس؛ شتایی جویباری، شعبان (۱۳۸۸). ارزیابی مدل‌های پهنه بندی زمین لغزش در حوضه آبریز سید کلاته رامیان:حفاظت آب و خاک، شماره ۵۹،۱۶-۷۸،
http://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=105962

علیجانی، بهلول؛ قهرودی، منیژه؛ امیر احمدی، ابوالقاسم (۱۳۸۶).پهنه بندی وقوع زمین لغزش در دامنه های شمالی شاه جهان با استفاده از GIS:تحقیقات جغرافیایی، ۸۴،
http://www.sid.ir/Fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=69687117-1

فرداد، مهد، آل شیخ، علی اصغر و وفایی نژاد، علیرضا (۱۳۹۰) پهنه بندی حساسیت خطر زمین لغزش با روش‌های منطق فازی (Fuzzy)و شبکه عصبی (Neural Network) در، GIS مطالعه موردی منطقه مال خلیفه (پانزدهمین همایش زمین شناسی ایران

قهرمانی، نرجس، خاشعی سیوکی، عباس، دخیلی، رسول، ۱۳۹۱، بررسی روش‌های، AHP، FAHP و LNRF در پهنه بندی خطر زمین لغزش (حوضه آبخیز النگ دره)، مجله سنجش از دور و GIS ایران، سال چهارم، شماره اول، ص ۶۵
http://geomorphologyjournal.ir/browse.php?a_id=579&sid=1&slc_lang=fa

متولی، صدرالدین؛ اسماعیلی، رضا؛ حسین زاده، محمد حسین. (۱۳۸۸). تعیین حساسیت وقوع زمین لغزش با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک: جغرافیای طبیعی، سال دوم (۵)،۸۳-۷۳،
http://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=123637

مصفایی، جمال؛ اونق، مجید، مصداقی، منصور و شریعت جعفری محسن (۱۳۸۸). مقایسه کارایی مدل‌های تجربی و آماری پهنه بندی خطر زمین لغزش مطالعه موردی: آب خیز الموت رود:مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک جلد شانزدهم، شماره چهارم، ۶۱-۴۳.
http://www.sid.ir/Fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=117972

مقیمی، ابراهیم، باقری سید شکری، سجاد و صفرراد، طاهر (۱۳۹۱) پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از مدل آنتروپی) مطالعه موردی: تاقدیس نساز زاگرس شمال باختری (پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۹، صص ۷۷
https://jphgr.ut.ac.ir/article_24735.html

نادری، فتح الله، کریمی، حاجیر (۱۳۹۰)،ارزیابی روش ارزش اطلاعاتی و جوشی گوپتا در پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبریز تلخاب ایلام: پژوهش‌های آبخیز داری، (۹۲)،۱۰۳-
95T http://www.sid.ir/Fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=157527

نصر آزادانی، احمد و شیرانی، کورش (۱۳۸۸)- ارزیابی و مقایسه روش‌های پهنه بندی آماری دو متغیره با استفاده از GIS مطالعه موردی حوضه آبخیز دز علیا، همایش ژئوماتیک، صص ۲۴.

وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۷۵).نقشه کاربری اراضی ۱:۱۰۰۰۰۰ آزاد شهر.

Anabalagan R.)1992(Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain, Eng. Geol. (32) 269-227. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0013795292900532

Anabalagan R., Singh B.)1996(. Landslide hazard and risk assessment mapping of mountainous terrains– a case study from kumaun himalaya, India, Eng. Geo,(43) 237-

246. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795296000336

CRED (Centre for Research in the Epidemiology of Disasters). (2000)http://www.cred.be/emdat/intro.html.

Fanyu liu, Z.(2007). Study on Landslide Susceptibility Mapping Based GIS and with Bivariate Statistics a Case Study in Longnan Area Highway 212. Science paper online.

Gupta, R.P., Joshi, B.C.(1990).Landslide hazard zonation using the GIS approach--A cases study from the Ramganga catchment, Himalayas, Engineering Geology,(28), 119-131. http://citeseerx.ist.psu.edu/messages/downloadsexceeded.html

Hattanji, T. & Moriwaki, H.(2009)Morphometric analysis of relic landslides using detailed landslide distribution maps: Implications for forecasting travel distance of future landslides, Journal of Geomorphology, 103, 447- 454. https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-969f495d-55b1-3c2e-bfa5-1acc6862b538

IFRC .(2000).(International federation of Red Crescent Societies) 2000: World Disasters, Report. http://www.ifrc.org.

Misson, C.(2000). Decade of Disasters, Front Lines; December 1999/January 2000, SuperAdminCRED, 1-4.

Nandi A., Shakoor A., "A GIS-based landslide susceptibility evaluation using bivariate and multivariate statistical analyses», Engineering Geology 110 (2009) 11-20. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795209002646

Uromiehy, A: Mahdavifar, MR (2000) Landslide hazard zonation of the Khoshrostam area. Iran Bull Eng Geol Environ 58:207–213, http://citeseerx.ist.psu.edu/messages/downloadsexceeded.html

Yalcin A., "GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations», Catena 72 (2008) 1-12 . https://doi.org/10.1016/j.catena.2007.01.003