دوفصلنامه(نشریه) علمی مطالعات برنامه‌ریزی قلمرو کوچ‌نشینان
شاپای الکترونیکی: ۰۵۳۰-۲۸۲۱
www.jsnap.ir

دوره سوم، شماره اول(پیاپی ۵)، بهار و تابستان ۱۴۰۲، صص. ۱۰۷-۱۲۲
DOI: 10.22034/JSNAP.2023.410697.1066
DOR: 20.1001.1.28210530.1402.3.1.10.2

مقاله پژوهشی

شناسایی سکونتگاه‌های روستایی در معرض خطر وقوع زمین لغزش در زیست‌بوم‌های عشایری (مطالعه موردی: شهرستان پاوه)

داود جمینی * – استادیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران (پژوهشگر پاره وقت پژوهشکده کردستانشناسی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران).
هیمن شهابی – دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
حمید نظری - دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.
رامین آتش بهار – دانشجوی گروه ژئومورفولوژی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

تاریخ دریافت: ۰۲ دی ۱۴۰۱
تاریخ پذیرش: ۲۱ اسفند ۱۴۰۱

چکیده

مقدمه: با توجه به وجود روستاهای متعدد در زیست‌بوم‌های عشایری و اثرات مخرب جانی، مالی و زیست‌محیطی یلایای طبیعی، شناسایی سکونتگاه‌های روستایی واقع در خطر زمین لغزش به‌عنوان یکی از شایع‌ترین مخاطرات طبیعی در جهان و ایران، می‌تواند در مدیریت این نوع از بحران‌ها موثر باشد.
هدف پژوهش: هدف پژوهش حاضر شناسایی سکونتگاه‌های روستایی در معرض خطر وقوع زمین لغزش در زیست‌بوم عشایری پاوه است.
روش‌شناسی تحقیق: جهت دستیابی به اهداف این پژوهش کمی و کاربردی، از ۱۸ عامل موثر بر زمین لغزش و برای وزن‌دهی به آن‌ها از نظرات ۱۵ نفر از اساتید دانشگاهی، محققان و کارشناسان استفاده شده است. برای استخراج نقاط زمین لغزش موجود از تصاویر راداری سنتنیل ۱ در محیط نرم‌افزار Snap و Google Earth بهره گرفته شده و جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار ArcGIS با روش همپوشانی فازی استفاده به عمل آمده است.
قلمروجغرافیایی پژوهش: قلمرو جغرافیایی این مطالعه، شهرستان پاوه واقع در استان کرمانشاه است.
یافته‌ها و بحث: یافته‌های پژوهش نشان داد به لحاظ حساسیت به وقوع زمین لغزش از کل مساحت شهرستان ۳۹ درصد در پهنه‌های با احتمال خطر بسیار کم و کم، ۳۰ درصد در پهنه با حساسیت متوسط و ۳۱ درصد در پهنه‌های با حساسیت زیاد و بسیار زیاد قرار گرفته است. همچنین نتایج نشان داد به لحاظ حساسیت به وقوع زمین لغزش از مجموع ۵۳ آبادی دارای سکنه شهرستان پاوه، ۳۵/۸ درصد در پهنه‌های با احتمال خطر بسیار کم و کم، ۲۸/۳ درصد در پهنه با حساسیت متوسط و ۳۵/۹ درصد در پهنه-های با حساسیت زیاد و بسیار زیاد نسبت به وقوع خطر زمین لغزش قرار گرفته‌اند.
نتایج: با توجه به واقع شدن تعداد قابل توجهی از سکونتگاه‌های روستایی در معرض خطر زمین لغزش، تهیه نقشه حساسیت به وقوع مخاطرات محیطی در این فضاهای جغرافیایی، باید در اولویت سیاست‌ها و برنامه‌ریزی‌های آمایش سرزمین قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: مخاطرات محیطی، زمین لغزش، زیست‌بوم عشایری، سکونتگاه‌های روستایی، شهرستان پاوه.

* نویسنده مسئول: داود جمینی
E- Mail: D.Jamini@uok.ac.ir

مقدمه

بررسی‌ها نشان می‌دهد زندگی و معیشت میلیاردها نفر در سراسر جهان به دلیل خطرات ناشی از فعالیت انسان و بدتر شدن تغییرات آب و هوایی مختل شده است. بر اساس گزارش‌های سازمان ملل متحد تغییرات آب و هوایی باعث ایجاد طوفان‌های مکرر و شدیدتر، سیل، خشکسالی، آتش‌سوزی جنگل‌ها و ... شده است که پیامدهای متعدد جهانی را به همراه دارد و چالش‌های متعددی را برای دولت‌ها، جوامع و علوم مختلف ایجاد نموده است (ساپنا[1]و همکاران، ۲۰۲۳: ۲). همچنین بر اساس گزارش جهانی مخاطرات، روزانه به‌طور متوسط ۱۳۰۰ نفر بر اثر مخاطرات طبیعی جان خود را از دست می‌دهند و حدود ۹۸ درصد این آمار مربوط به کشورهای در حال توسعه و به‌ویژه عرصه‌های روستایی است (اجتماعی، ۱۴۰۰: ۲۴۲). در میان مخاطرات مختلف طبیعی، زمین لغزش یکی از مهم‌ترین مخاطرات زمین‌شناسی است که می‌تواند مناطق وسیعی را تحت تأثیر قرار دهد و ضمن وارد کردن آسیب‌های جدی، شرایط پیچیده‌ای را ایجاد کند (یو[2]و همکاران، ۲۰۲۳: ۱). زمین لغزش نوعی حرکت توده‌ای در شیب‌های تند در مناظر ناهموار است و می‌تواند به اشکال مختلفی مانند ریزش سنگ، گل و لای و ریزش آوار مشاهده گردد (فیاض[3]و همکاران، ۲۰۲۲: ۱). سهم زمین‌لغزش از بلایای طبیعی جهان حدود ۱۷ درصد است و در میان هفت بلایای طبیعی خطرناک جهان قرار گرفته است (محمدزاده و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۲۸؛ روستایی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۲۶).

بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی در ۱۷ ماه می سال ۲۰۲۲، در حد فصل میان سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۷، زمین لغزش زندگی حدود ۴/۸ میلیون نفر در جهان را تحت تأثیر قرار داده و بیش از ۱۸۰۰۰ کشته بر جای گذاشته است (پتروسی[4]، ۲۰۲۲: ۱)، به گونه‌ای که بعد از زلزله و سیل، زمین‌لغزش بیشترین میزان خسارت را به جامعه انسانی وارد کرده است (شادفر و همکاران، ۱۴۰۱: ۶۶). بنابراین زمین لغزش‌ها به دلیل ماهیت مخرب و رفتار پویای خود (بویان[5]و همکاران، ۲۰۲۳: ۱) از عوامل اصلی مخرب محیط زیست در جهان (ژنگ[6]و همکاران، ۲۰۲۳: ۲۱۳)، صدمات جدی به زیرساخت‌ها (کلیمس[7]و همکاران، ۲۰۲۳: ۳) و تلفات جانی و مالی و حتی تأثیرات اجتماعی وحشتناک هستند (میائو[8]و همکاران، ۲۰۲۲: ۲) و به عنوان یکی از مخرب‌ترین بلایای زمین‌شناسی در سراسر جهان شناخته می‌شود (خلیل[9]و همکاران، ۲۰۲۳: ۸۲).

بررسی‌ها نشان می‌دهد در میان ۴۳ مخاطره طبیعی شناخته شده در سراسر جهان، حدود ۳۸ خطر در ایران شناسایی و ثبت شده است و به علت تعدد، تنوع، تکرار و شدت وقوع مخاطرات طبیعی، کشورمان در ردیف ۱۰ کشور بلاخیز جهان قرار گرفته است (اجتماعی، ۱۴۰۰: ۲۴۲). زمین لغزش به‌عنوان یکی از مخاطراتی که در همه قاره‌ها و کشورها احتمال وقوع آن وجود دارد (عابدینی و همکاران، ۱۴۰۲: ۵۹۸۷)، در کشور ایران به دلیل شرایط توپوگرافی عمدتاً کوهستانی، وضعیت متنوع زمین‌شناسی و اقلیمی، زمین‌لغزش یکی از شایع‌ترین مخاطرات طبیعی است که ضمن تهدیدهای جانی و مالی مردم، سالانه میلیون‌ها دلار خسارت را به همراه دارد (فیض‌اله پور و همکاران، ۱۴۰۰: ۹۶)

نقاط شهری و روستایی از مهم‌ترین مراکز انسانی هستند که به دلایل مختلف از جمله تراکم جمعیت، نوع مصالح و ساخت و ساز و ...، در معرض زمین‌لغزش قرار دارند و این مخاطره می‌تواند در جوامع شهری و روستایی واقع در مناطق کوهستانی، چالش‌ها و تنگناهای متعددی را ایجاد نماید (ایمانی، ۱۴۰۰: ۱۰۶). بنابراین خسارات‌های متعدد و احتمال زیاد وقوع مخاطره زمین لغزش در مناطق کوهستانی به‌عنوان کانون-های وقوع زمین لغزش، ضرورت سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی در خصوص شناسایی مناطق مستعد زمین لغزش را جهت کاهش خسارات آن دوچندان نموده است (کلیمس و همکاران، ۲۰۲۳: ۳)

شهرستان پاوه از ادوار گذشته تاکنون به‌واسطه مراتع انبوه، ذخایر قابل توجه برف در ارتفاعات، چشمه‌های متعددی، تفاوت قابل توجه دمای میان مناطق دشتی و کوهستانی و ...، محل مناسبی برای تأمین علوفه مورد نیاز دام‌های عشایر بومی و حتی عشایر سایر مناطق همجوار است، به گونه‌ای که می‌توان از آن به‌عنوان یک زیست‌بوم عشایری در غرب ایران یاد کرد. با توجه به کوهستانی بودن این شهرستان (بخش زیادی از مساحت این شهرستان در دامنه‌های رشته کوه زاگرس) و احتمال وقوع خطر زمین لغزش، شناسایی نقاط روستایی و پهنه‌های مستعد خطر، گام مهمی برای سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های آتی در این قلمرو عشایری است. از این‌رو با توجه به مطالب عنوان شده، سوال‌های اصلی

1- Sapena
2- Yu
3- Fayaz
4- Petrucci
5- Bhuyan
6- Zeng
7- Klimeš
8- Miao
9- Khalili

پژوهش حاضر عبارت‌اند از: مهم‌ترین عوامل موثر بر وقوع زمین‌لغزش در زیست‌بوم عشایری شهرستان پاوه کدامند؟ وضعیت پهنه‌بندی وقوع زمین لغزش در زیست‌بوم عشایری واقع در شهرستان پاوه چگونه است؟ در زیست‌بوم عشایری شهرستان پاوه چه روستاهایی در پهنه‌های با خطر زیاد و بسیار زیاد قرار دارند؟

بررسی‌ها نشان می‌دهد با پیشرفت تکنولوژی، روش‌های مختلفی برای مقابله با اثرات زیان‌بار زمین لغزش ارائه شده است (خلیل و همکاران، ۲۰۲۳: ۸۲) با این وجود نمی‌توان یک روش مشخص را به‌عنوان روشی کاملاً مناسب جهت پهنه‌بندی خطر در همه مناطق در نظر گرفت. زیرا ممکن است یک روش در یک منطقه دارای بالاترین دقت و همان روش در منطقه دیگر، دقت پایینی داشته باشد (قیاسی و همکاران، ۱۴۰۱: ۸). با این وجود سیستم اطلاعات جغرافیایی یکی از روش‌های متداول و پرکاربرد برای تهیه نقشه‌های حساسیت به وقوع زمین لغزش است (تاپا[1] و همکاران، ۲۰۲۲: ۴۴).

بررسی‌ها نشان می‌دهد با توجه به اهمیت مطالعات پهنه‌بندی مخاطرات به‌ویژه زمین لغزش در مدیریت بلایای طبیعی، تاکنون مطالعات مختلفی در زمینه موضوع مورد مطالعه انجام گرفته است که در ادامه به نتایج چند مطالعه مهم اشاره شده است.

صفایی‌پور و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از لایه‌های شیب، جهت شیب، ارتفاع، کاربری زمین، توپوگرافی و میزان بارش اقدام به پهنه‌بندی زمین لغزش در روستای دره گز قلندران شهرستان دهدز نموده‌اند. نتایج نشان داد بیشترین خطر در قسمت شمالی و شمال شرق محدوده مطالعاتی قرار دارد و قسمت مرکزی و جنوبی حوضه کمترین میزان لغزش را به خود اختصاص داده است. نتایج پژوهش محمدزاده و همکاران (۱۳۹۶) با هدف بررسی پتانسیل وقوع زمین لغزش در کرانه جنوبی حوضه‌ی آبریز اهر چای (از روستای نصیرآباد تا سد ستارخان) نشان داد ۸۲/۷۸ درصد از اراضی محدوده مطالعاتی در کلاس خطر بسیار پایین و پایین، ۹/۲۱ درصد در کلاس متوسط و ۷/۹۸ درصد در کلاس‌های با خطر زیاد و بسیار زیاد قرار گرفته است. عابدینی و همکاران (۱۳۹۷) با استفاده از ۱۰ پارامتر درجه شیب، جهت شیب، کاربری زمین، سنگ‌شناسی، بارش، شاخص تفرق پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)، شاخص طول شیب (LS)، شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI)، شاخص قدرت آبراهه (SPI)، فاصله از گسل و فاصله از آبراهه، اقدام به پهنه‌بندی حساسیت وقوع زمین‌لغزش در کرانه جنوبی حوضه آبریز اهر چای از روستای نصیرآباد تا سد ستارخان نموده‌اند. نتایج این مطالعه نشان داد ۳۴/۰۲ درصد از اراضی محدوده مورد مطالعه پتانسیل بسیار بالایی برای وقوع زمین‌لغزش دارد. پیشنماز احمدی و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای اقدام به پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش و خطرپذیری سکونتگاه‌های روستایی در زیر حوضه رودبار نموده‌اند. محققان در این مطالعه از ۱۴ متغیر (ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از جاده، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، زمین‌شناسی، نوع خاک، اقلیم، کاربری اراضی، بارندگی، شاخص رطوبت توپوگرافیک، شاخص طول شیب و شاخص قدرت آبراهه‌ای) استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان داد که بیش از ۵۰ درصد محدوده مورد مطالعه در پهنه خطر متوسط به بالا قرار گرفته است و از مجموع ۱۸۸ روستا، ۴۹ روستا (۲۵/۵۳ درصد) در پهنه‌های با خطر زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته‌اند. نتایج پژوهش محمدی و نور (۱۳۹۸) با هدف پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش با استفاده از GIS در بخشی از حوزه آبخیز هراز با استفاده از متغیرهایی مانند خصوصیات سنگ شناسی، فاصله از جاده، شیب، فاصله از آبراهه، کاربری اراضی، ارتفاع و جهت شیب نشان داد شیب ۵۰–۱۵ درصد، جهت‌های شیب شمالی و غربی، ارتفاع ۲۱۰۰–۱۵۰۰، کاربری‌های مسکونی و باغ ـ کشاورزی، فاصله ۵۰۰ متری از جاده و ۴۰۰ متری از آبراهه، سازندهای شمشک و پادگانه‌های آبرفتی، بیش‌ترین حساسیت را نسبت به زمین لغزش دارند و در مجموع محدوده مطالعاتی حساسیت زیادی نسبت به وقوع زمین لغزش دارد.

ایمانی (۱۴۰۰) در پژوهشی با هدف تدوین الگویی برای مدیریت مخاطره زمین لغزش در جهت پایداری نواحی شهری و روستایی در منطقه رودبار نشان داد در نقشه نهایی پهنه‌بندی ۴ درصد محدود در درجه خطر کم، ۷۱ درصد در درجه متوسط و ۲۵ درصد در درجه خطر زیاد واقع شده است. مجد باوی و مومی‌پور (۱۴۰۰) در مطالعه‌ای با استفاده از هفت عامل سنگ‌شناسی، زاویه شیب، طول گسل، طول راه و رودخانه، عامل بارندگی، شدت بارندگی و زمین‌لرزه، مناطق مستعد خطر زمین‌لغزش را در محدودهٔ سدّ شهید عباسپور پهنه‌بندی کرده‌اند. نتایج پژوهش نشان داد مناطق با خطر زیاد در محدوده جنوب غربی سد و بخش کوچکی از شمال محدوده قرار دارد. فیض‌اله پور و همکاران (۱۴۰۰) در مطالعه‌ای با استفاده از ده عامل ارتفاع، شیب، جهت شیب، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، تراکم آبراهه، گسل، جاده و بارش اقدام به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبریز طالقان نموده‌اند. نتایج پژوهش نشان داد ۸۶ درصد از مساحت محدوده مورد مطالعه به لحاظ خطر زمین‌لغزش‌ها در سه گروه خطر متوسط، پرخطر و خیلی پرخطر قرار گرفته است. شادفر و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه‌ای با استفاده از لایه‌های

1-Thapa

شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از گسل، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، زمین‌شناسی و کاربری اراضی، اقدام به پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش در قلمرو کوچ نشینان در حوضه طالقان نموده‌اند. نتایج پژوهش نشان داد که متغیرهای کلیدی موثر در وقوع زمین لغزش عبارت‌اند از: شیب، جهت شیب، مارن‌های نئوژن و کواترنر و کاربری مراتع متوسط. همچنین نتایج نشان داد در حدود ۳۶ درصد مساحت محدوده مورد مطالعه، ۴۶ درصد از زمین لغزش‌ها رخ داده است. عابدینی و همکاران (۱۴۰۲) برای بررسی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه نیرچای از ده متغیر موثر بر وقوع زمین‌لغزش (شیب، جهت شیب، ارتفاع، طول دامنه، تحدب سطح زمین، سازندهای زمین‌شناسی، بارش، فاصله از آبراهه، پوشش گیاهی و کاربری اراضی) استفاده کرده‌اند. نتایج نشان داد سه متغیر شیب (با وزن ۰/۲۱۷)، لیتولوژی (با وزن ۰/۲۱۷) و بارش (با وزن ۰/۱۶۷) از بیشترین میزان اهمیت برخوردار هستند. نتایج پهنه‌بندی نشان داد حدود ۹/۸ درصد از مساحت حوضه در کلاس خطر بسیار زیاد، ۱۹/۳ درصد در کلاس خطر زیاد قرار گرفته است.

نتایج پژوهش ریاحی و نصیری زارع[1](۲۰۲۱) در خصوص آسیب‌پذیری کاربری‌های کشاورزی از خطر وقوع زمین‌لغزش در نواحی روستایی شهرستان طارم نشان داد با افزایش ارتفاع، شیب و مجاورت با خطوط گسل، خطر زمین لغزش در محدوده مطالعاتی افزایش می‌یابد. این مناطق بیشتر در ارتفاعات و نواحی شرقی و غربی قرار دارند که نقاط روستایی عمدتاً در آن واقع شده‌اند. همچنین نتایج پژوهش نشان داد به دلیل محدود بودن زمین‌های مسطح در ارتفاعات، باغ‌های کشاورزی در ارتفاعات با شیب متوسط ایجاد شده است که متعاقباً خطر رانش زمین را به همراه دارد. فیاض[2]و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای اقدام به ارزیابی حساسیت به وقوع زمین لغزش در یک محور ارتباطی روستایی ـ شهری در کشور هند با استفاده از لایه‌هایی مانند بارندگی، رطوبت خاک، فاصله از جاده و رودخانه، شیب و دمای سطح زمین نموده‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد دو روش سیستم استنتاج عصبی فازی تطبیقی (ANFIS) و جنگل تصادفی نسبت به سایر روش‌ها، از دقت بیشتری برای پیشبینی زمین لغزش برخوردار هستند.

تاپا و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای با استفاده از لایه‌هایی مانند شیب، جهت شیب، پوشش گیاهی، بارش، ارتفاع، فاصله از شبکه رودخانه، فاصله از شبکه جاده، زمین‌شناسی، الگوی کاربری اراضی و نوع خاک) اقدام به ارزیابی روش‌های مختلف تحلیل حساسیت زمین لغزش در روستایی بگماتی واقع در هیمالیا نموده‌اند. نتایج مطالعه نشان داد که تمام تکنیک‌های مورد استفاده با دقت بالایی توانایی پیشبینی زمین لغزش را دارند. نتایج پژوهش آجاک[3]و همکاران (۲۰۲۲) در خصوص زمین لغزش در روستاهای کشور نیجریه نشان داد وقوع زمین لغزش تحت تأثیر عوامل مختلف اقلیمی و انسانی بوده و وقوع زمین لغزش به طور قابل‌توجهی بر فعالیت‌های اقتصادی ـ اجتماعی در مناطق تأثیر گذاشته و عامل اصلی تخریب بیوفیزیکی است. علاوه بر مطالعات فوق، بررسی‌ها نشان می‌دهد در خصوص پهنه‌بندی مناطق مختلف در برابر زمین لغزش از لایه‌های متعددی استفاده شده است که در جدول زیر نمایش داده شده‌اند (جدول ۱).

جدول ۱. لایه‌های مورد استفاده برای پهنه‌بندی مناطق مختلف در باربر خطر زمین‌لغزش

محقق / محققان	لایه‌های مورد استفاده
مرادی و همکاران، ۱۳۸۹	۱- ارتفاع ۲- شیب ۳- جهت شیب ۴- کاربری اراضی ۵- زمین‌شناسی ۶- بارش ۷- فاصله از آبراهه ۸- فاصله از جاده ۹- فاصله از گسل
عرب عامری و حلبیان، ۱۳۹۴	۱- لیتولوژی ۲- کاربری اراضی ۳- شیب ۴- جهت شیب ۵- ارتفاع ۶- فاصله از گسل ۷- فاصله از جاده ۸- فاصله از آبراهه ۹- شاخص پوشش گیاهی ۱۰- شاخص خیسی توپوگرافی ۱۱- انحنای سطح ۱۲- انحنای مقطع
ابراهیمی مقدم و عباس‌نژاد، ۱۳۹۵	۱- شیب ۲- لرزه خیزی ۳- لیتولوژی ۴- تراکم آبراهه ۵- مورفولوژی ۶- بارش ۷- کاربری اراضی
صفایی‌پور و همکاران، ۱۳۹۵	۱- زمین شناسی ۲- جنس خاک ۳- جهت شیب ۴- شیب ۵- بارش ۶- کاربری اراضی ۷- ارتفاع
موسوی و همکاران، ۱۳۹۵	۱- سازند ۲- شیب ۳- ارتفاع ۴- بارش ۵- فاصله از آبراهه ۶- کاربری اراضی ۷- جهت شیب ۸- فاصله از گسل
عابدینی و پیروزی، ۱۳۹۸	۱- شیب ۲- جهت شیب ۳- لیتولوژی ۴- کاربری اراضی ۵- خاک ۶- بارش ۷- فاصله از راه‌های ارتباطی ۸- فاصله از رودخانه ۹- فاصله از گسل
قاسمیان[4]و همکاران، ۲۰۲۲	۱- شیب ۲- جهت شیب ۳- ارتفاع ۴- شاخص انحنا ۵- انحنای سطح ۶-انحنای مقطع ۷- جهت زاویه تابش ۸- شاخص عمق دره ۹- شاخص قدرت جریان ۱۰- شاخص موقعیت توپوگرافی ۱۱- شاخص رطوبت توپوگرافی ۱۲- کاربری اراضی ۱۳- شاخص تفرق پوشش گیاهی نرمال شده ۱۴- بارش ۱۵- فاصله از گسل ۱۶- فاصله از جاده ۱۷- فاصله از رودخانه ۱۸-تراکم رودخانه ۱۹-تراکم جاده ۲۰ - تراکم گسل ۲۱- زمین‌شناسی ۲۲-بافت خاک ۲۳-شاخص زبری توپوگرافی ۲۴- شاخص قدرت بردار

1- Riyahi & Nasire Zare
2- Fayaz
3- Ajake
4- Ghasemian

مرور سوابق پژوهش نشان می‌دهد با وجود اینکه در زمینه لغزش مطالعات متعددی صورت گرفته است اما در زمینه سکونتگاه‌های روستایی واقع در معرض این مخاطره و همچنین پهنه‌بندی زمین لغزش در سکونتگاه‌های روستایی واقع در زیست بوم‌های عشایری خلأ مطالعاتی زیادی وجود دارد. از این‌رو پژوهش حاضر از نظر موضوع، استفاده از لایه‌های مکانی موثر و متعدد در زمینه موضوع مورد مطالعه و همچنین استفاده از تصاویر راداری سنتینل ۱ در محیط نرم افزار Snap و Google Earth برای استخراج نقاط زمین لغزش موجود، دارای نوآوری است.

روش پژوهش

در راستای دستیابی به اهداف پژوهش در مطالعه کمی و کاربردی حاضر گام‌های زیر انجام گرفته است:

گام اول: با مرور منابع معتبر در خصوص زمین‌لغزش، عوامل موثر و مرتبط با زمین لغزش شناسایی شده‌اند (جدول ۲). لازم به ذکر است عوامل موثر در زمین لغزش در قالب ۴ معیار اصلی و ۱۸ زیر معیار گروه‌بندی شده‌اند.

جدول ۲. عوامل موثر بر زمین لغزش

معیار اصلی	زیر معیار
توپوگرافی	ارتفاع (DEM)
	شیب (SLOPE)
	جهت شیب (ASPECT)
	شاخص موقعیت توپوگرافی (TPI)
	شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI)
	شاخص قدرت جریان (SPI)
	انحنای سطح (PLAN)
	انحنای مقطع (PROFILE)
لیتولوژی	زمین شناسی (GEOLOGY)
	فاصله از گسل (DIS TO FAULT)
	تراکم گسل (FAULT DENSITY)
هیدرولوژی	فاصله از رودخانه (DIS TO RIVER)
	تراکم رودخانه (RIVER DENSITY)
	بارش (RAINFAL)
عوامل انسانی	کاربری اراضی (LAND USE)
	فاصله از جاده (DIS TO ROAD)
	تراکم جاده (ROAD DENSITY)
	شاخص تفرق پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)

گام دوم: برای استخراج نقاط زمین لغزش موجود از تصاویر راداری سنتینل ۱ در محیط نرم‌افزار SNAP استفاده شده است. به این صورت که پس از استخراج پهنه‌های زمین لغزش، خروجی مورد نظر با فرمت KMZ گرفته شده است و در نهایت پهنه‌های زمین لغزش شناسایی شده در نرم‌افزار Google earth وارد شده و ۴۲ نقطه زمین لغزش موجود استخراج شده است.

گام سوم: برای وزن‌دهی به عوامل مورد استفاده از نظرات ۱۵ نفر از اساتید دانشگاهی، محققان و کارشناسان استفاده شده است.

گام چهارم: در این مرحله لایه‌های ۱۸ گانه در محیط ArcMap تهیه شده‌اند.

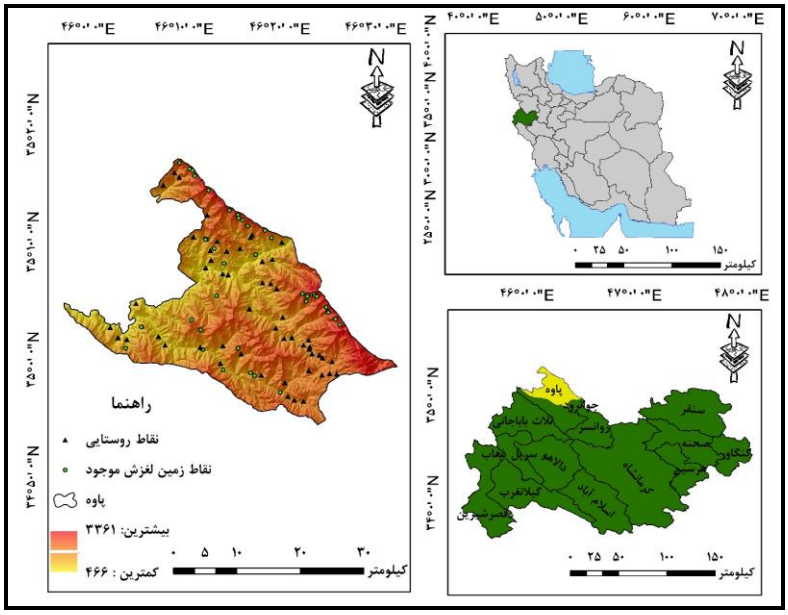
گام پنجم: در این مرحله پردازش نهایی روی کلیه لایه‌ها اعمال شده است و لایه‌ها در پنج دسته طبقه‌بندی[۱](اهمیت طبقات در نمره‌های ۱ = بسیار کم، ۳ = کم، ۵ = متوسط، ۷= زیاد و ۹ بسیار زیاد لحاظ شده است) شده‌اند و در نهایت ۱۸ لایه اصلی تهیه شده با استفاده از روش

۱- Reclassify

همپوشانی فازی[1] برای تهیه نقشه نهایی حساسیت به وقوع زمین لغزش در محدوده مورد مطالعه با هم تلفیق شده‌اند و تفاسیر مربوطه ارائه شده است.

قلمرو جغرافیایی پژوهش

شهرستان پاوه یکی از شهرستان‌های استان کرمانشاه است که در منطقه اورامانات و در مجاورت با مرز کشور عراق قرار گرفته است (شکل ۱). بر اساس نتایج آخرین سرشماری، جمعیت این شهرستان ۶۰۴۳۱ نفر بوده است که از این تعداد ۲۴۲۳۵ نفر (معادل حدود ۴۰ درصد جمعیت شهرستان) در سکونتگاه‌های روستایی زندگی می‌کنند. همچنین بر اساس آمار مذکور این شهرستان دارای ۵۳ آبادی دارای سکنه است. به دلیل شرایط طبیعی و انسانی حاکم بر شهرستان پاوه، این شهرستان از دیرباز به‌عنوان یکی از قلمروهای مستعد عشایر در غرب کشور مطرح بوده است. تفاوت شرایط اقلیمی و پوشش مرتعی میان بخش کوهستانی و بخش کم ارتفاع این شهرستان، زمینه را برای کوچ بومیان و حتی عشایر دیگر شهرستان‌های استان کرمانشاه به شهرستان پاوه فراهم نموده است. علی‌رغم اینکه تعداد عشایر شهرستان پاوه نسبت به دهه‌های گذشته کاهش محسوسی داشته است، با این وجود هر سال تعداد قابل توجهی از روستاییان برای بهره‌مندی از مراتع جهت تعلیف دام‌هایشان، اقدام به کوچ می‌نمایند.

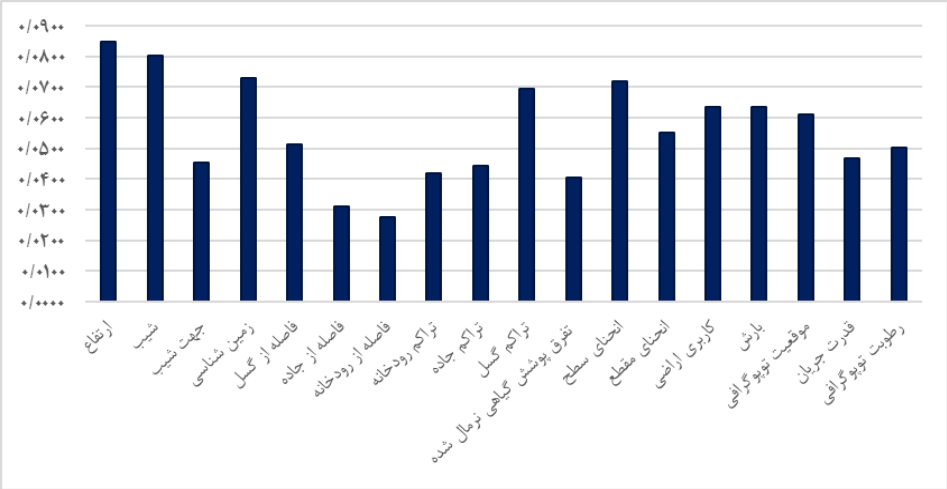


شکل ۱. نقشه موقعیت شهرستان پاوه در استان کرمانشاه و ایران

یافته‌ها و بحث

همان‌طور که عنوان شد برای وزن‌دهی به عوامل موثر بر زمین لغزش از نظرات اساتید دانشگاهی، محققان و کارشناسان استفاده شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد (شکل ۲) در میان ۱۸ عامل مورد بررسی سه عامل ارتفاع، شیب و لیتولوژی به‌ترتیب با مقادیر ۰/۰۸۴۸، ۰/۰۸ و ۰/۷۲۹ بیشترین وزن و سه عامل فاصله از رودخانه، فاصله از جاده و پوشش گیاهی به‌ترتیب با مقادیر ۰/۰۲۷۵، ۰/۰۳۱۱ و ۰/۰۴۰۶، کمترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند.

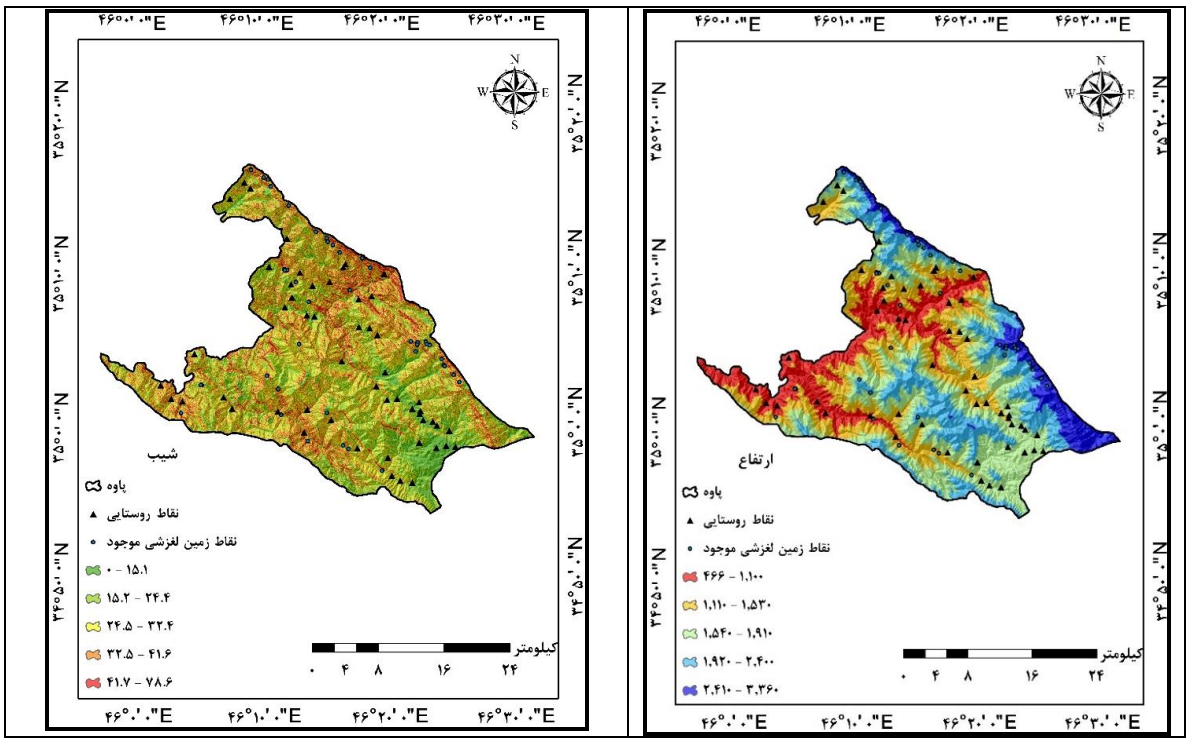
[1] *Fuzzy overlay*

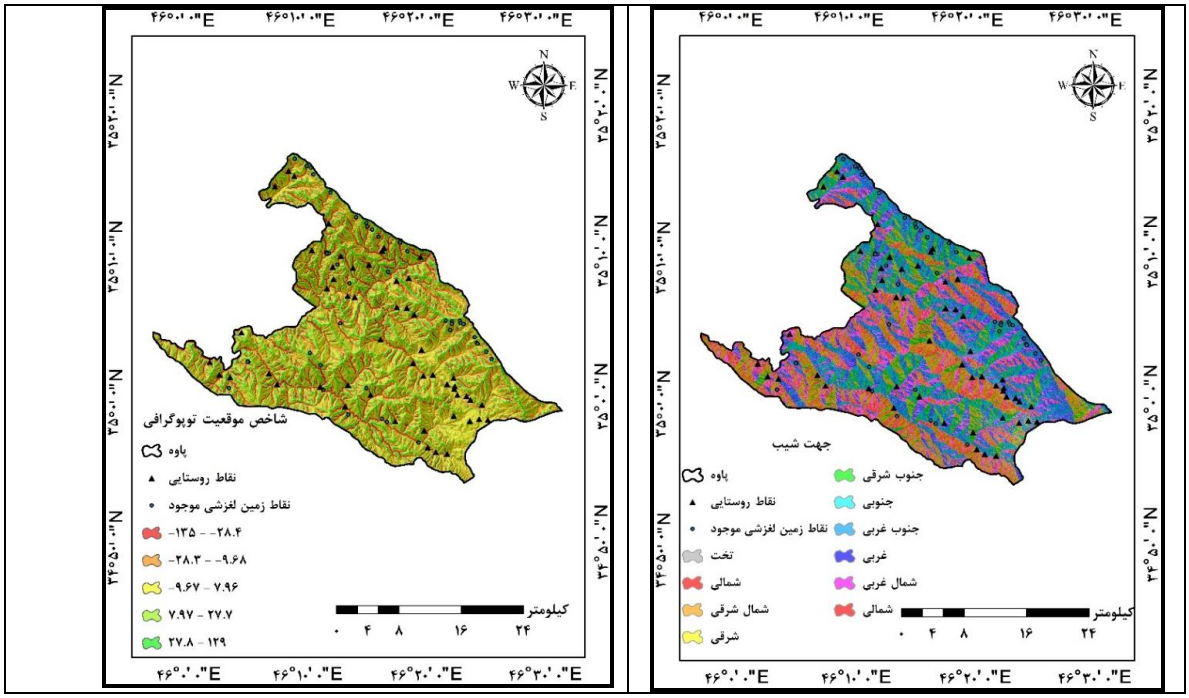


شکل ۲. وزن نهایی عوامل موثر بر زمین لغزش

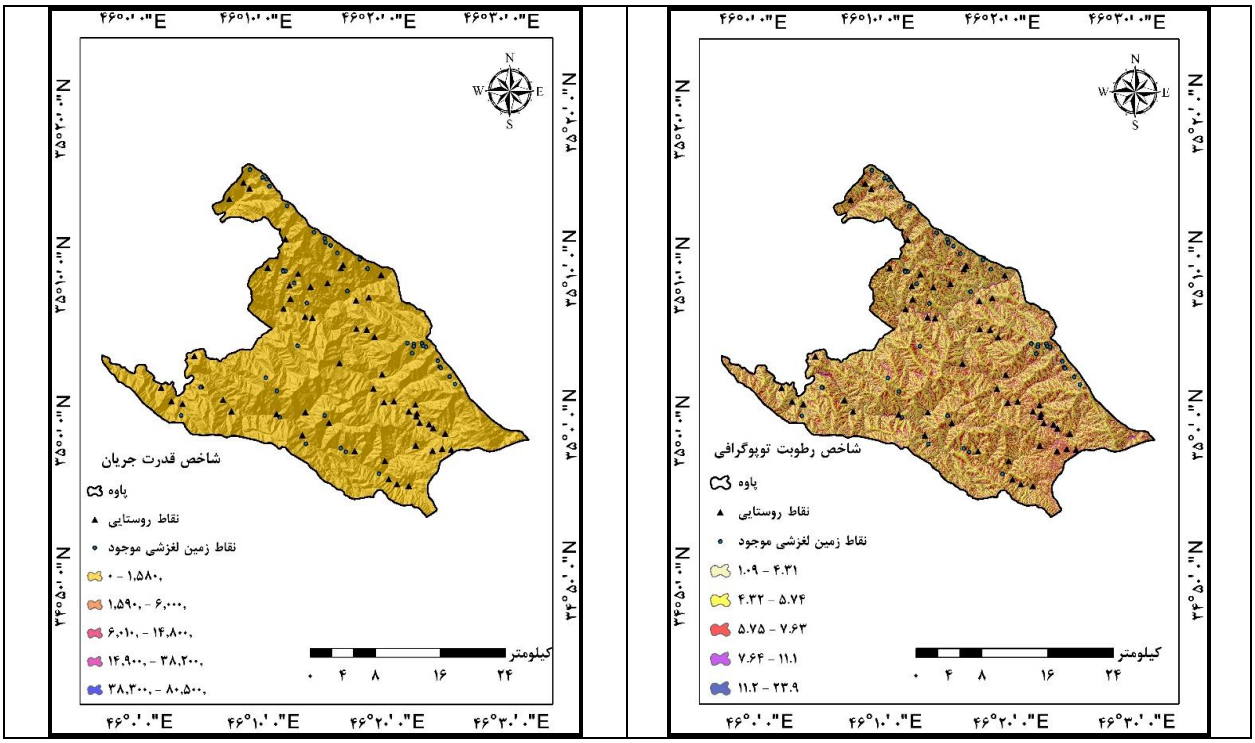
پس از تعیین وزن لایه‌ها، در محیط ArcGIS نقشه مربوط به هر یک از عوامل موثر بر زمین لغزش بر اساس چهار معیار اصلی ترسیم شد (شکل ۳ تا شکل ۵).

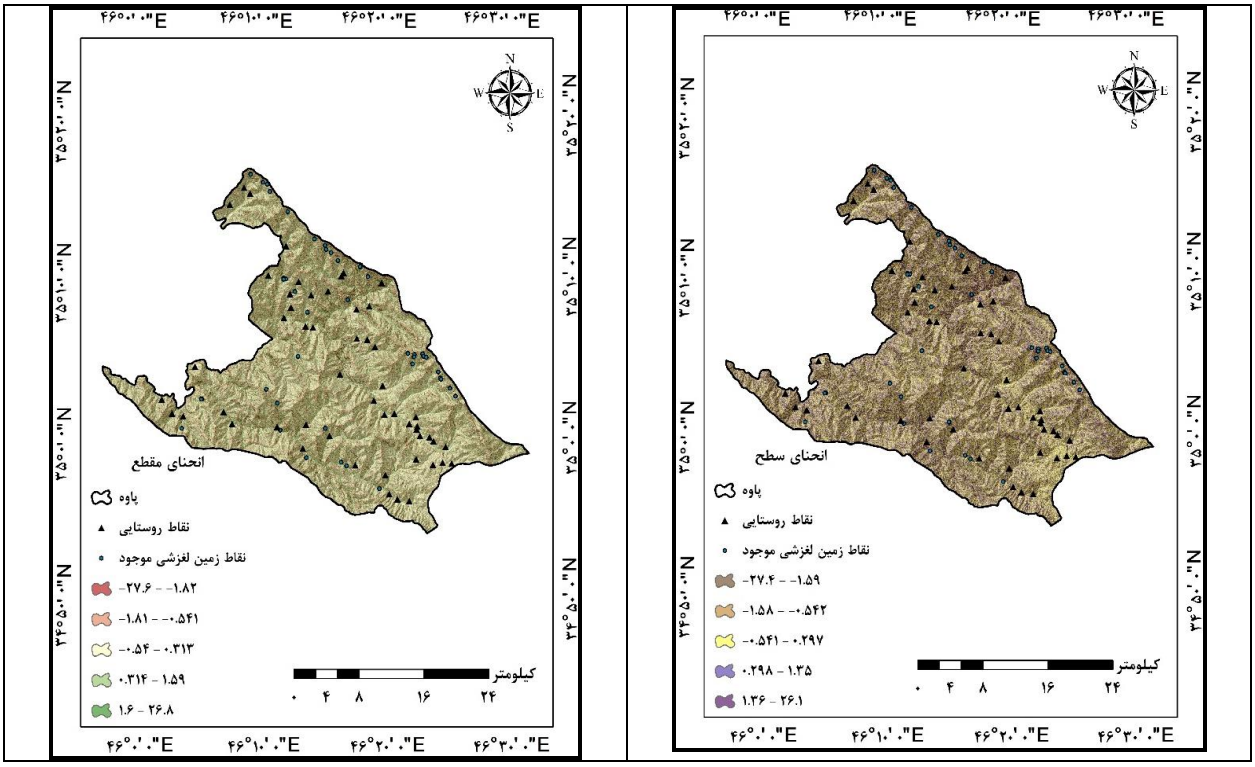
در شکل زیر نقشه‌های پهنه‌بندی زیرمعیارهای توپوگرافی (ارتفاع، شیب، جهت شیب، شاخص موقعیت توپوگرافی، شاخص رطوبت توپوگرافی، شاخص قدرت جریان، انحنای سطح و انحنای مقطع) تهیه شده است (شکل ۳).





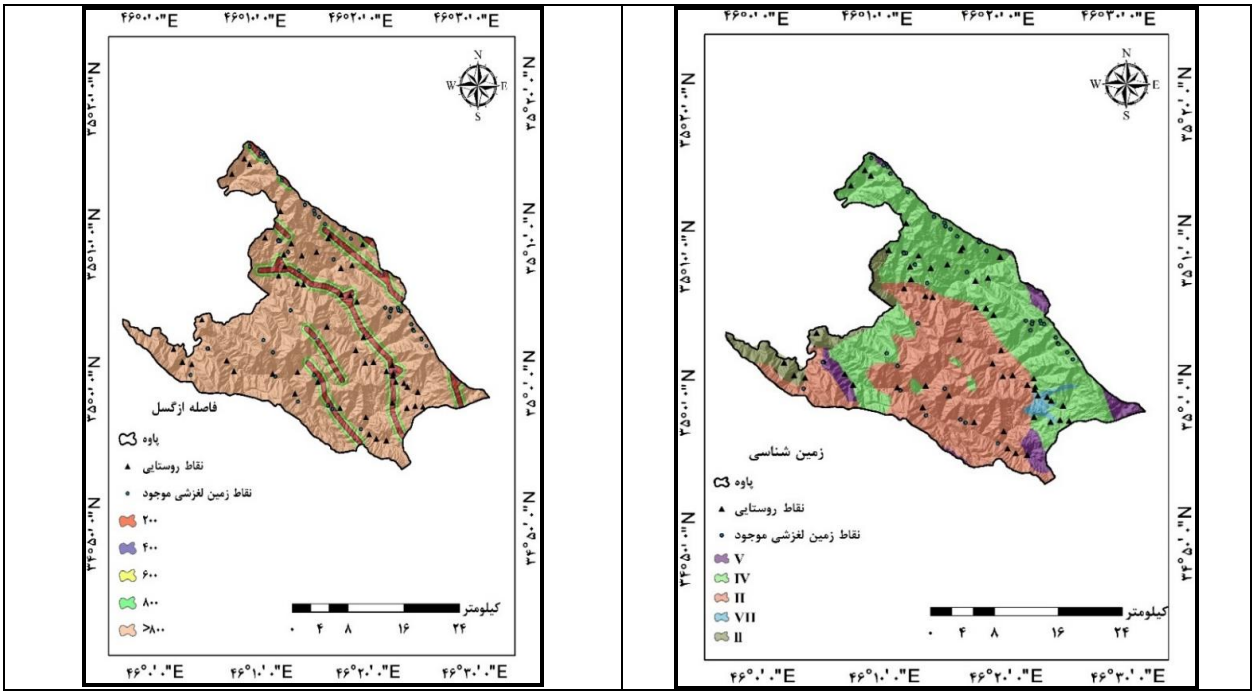
شکل ۳. تهیه نقشه‌های زیرمعیارهای توپوگرافی (ارتفاع، شیب، جهت شیب و شاخص موقعیت توپوگرافی)

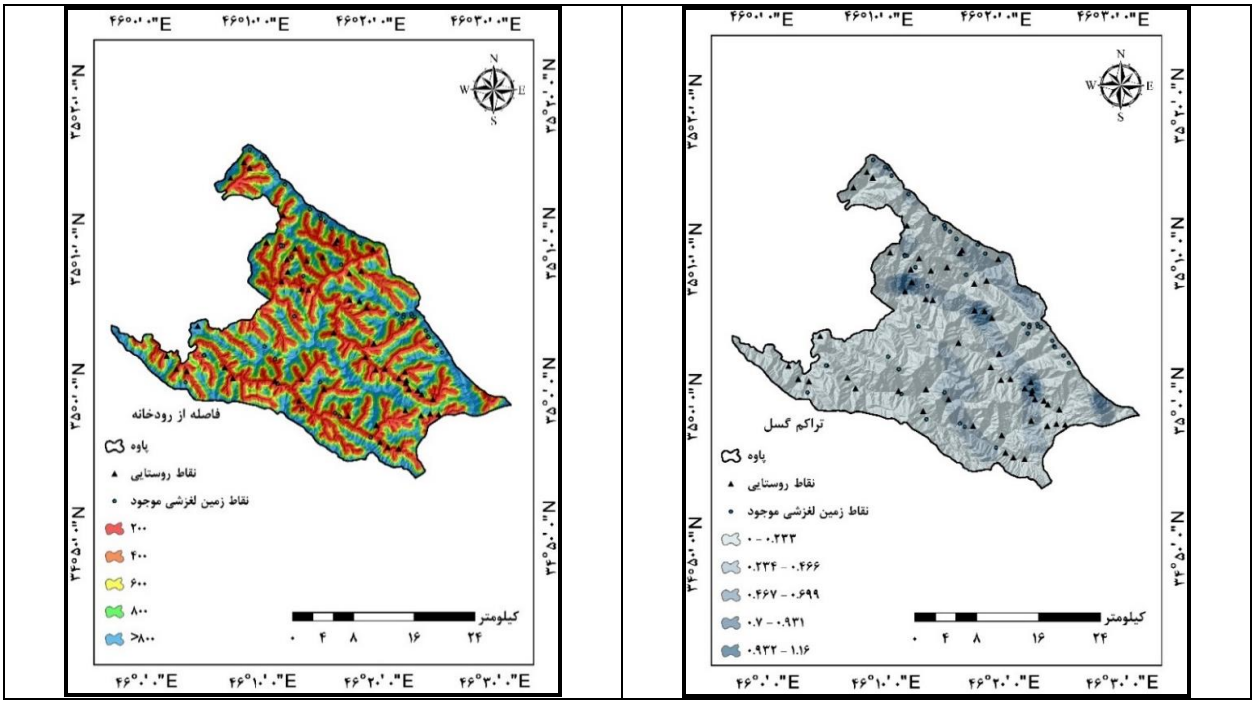




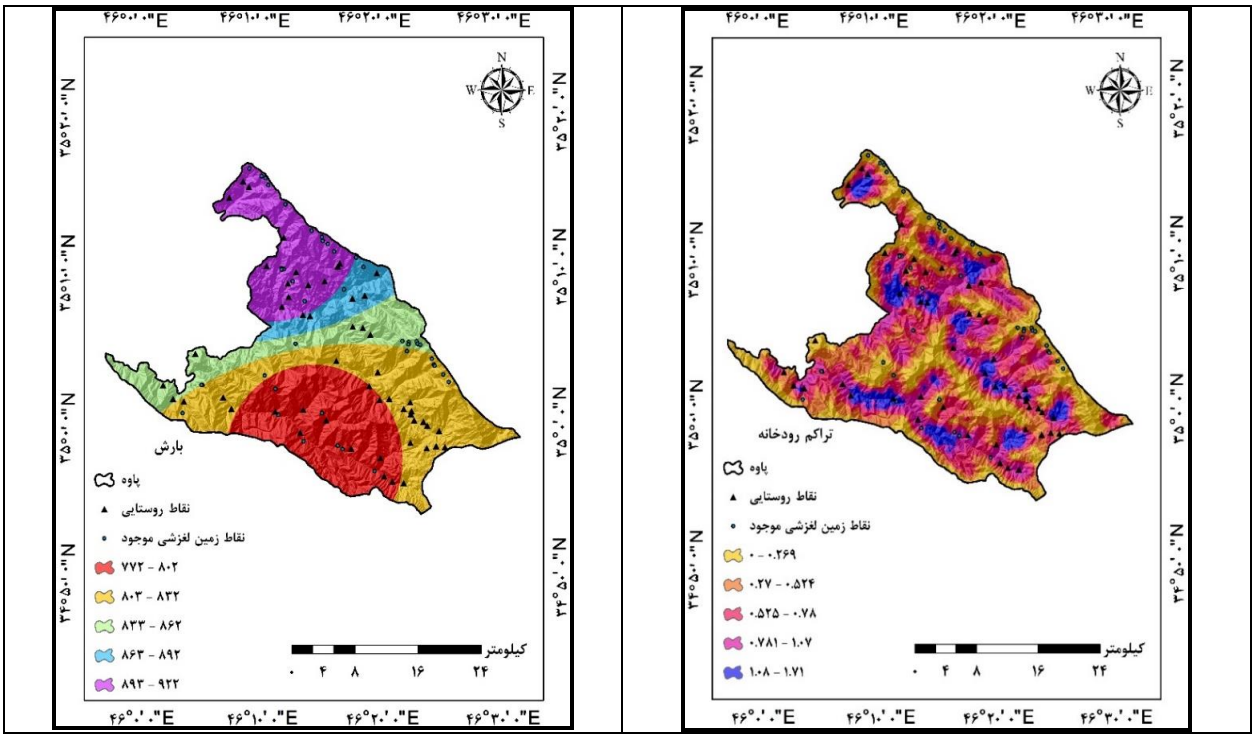
ادامه شکل ۳. تهیه نقشه‌های زیرمعیارهای توپوگرافی (شاخص‌های رطوبت توپوگرافی و قدرت جریان و انحنای سطح و مقطع)

در ادامه نقشه‌های مربوط به زیرمعیار لیتولوژی (زمین‌شناسی، فاصله از گسل و تراکم گسل) و هیدرولوژی (فاصله از رودخانه، تراکم رودخانه و بارش) ترسیم شده است (شکل ۴).



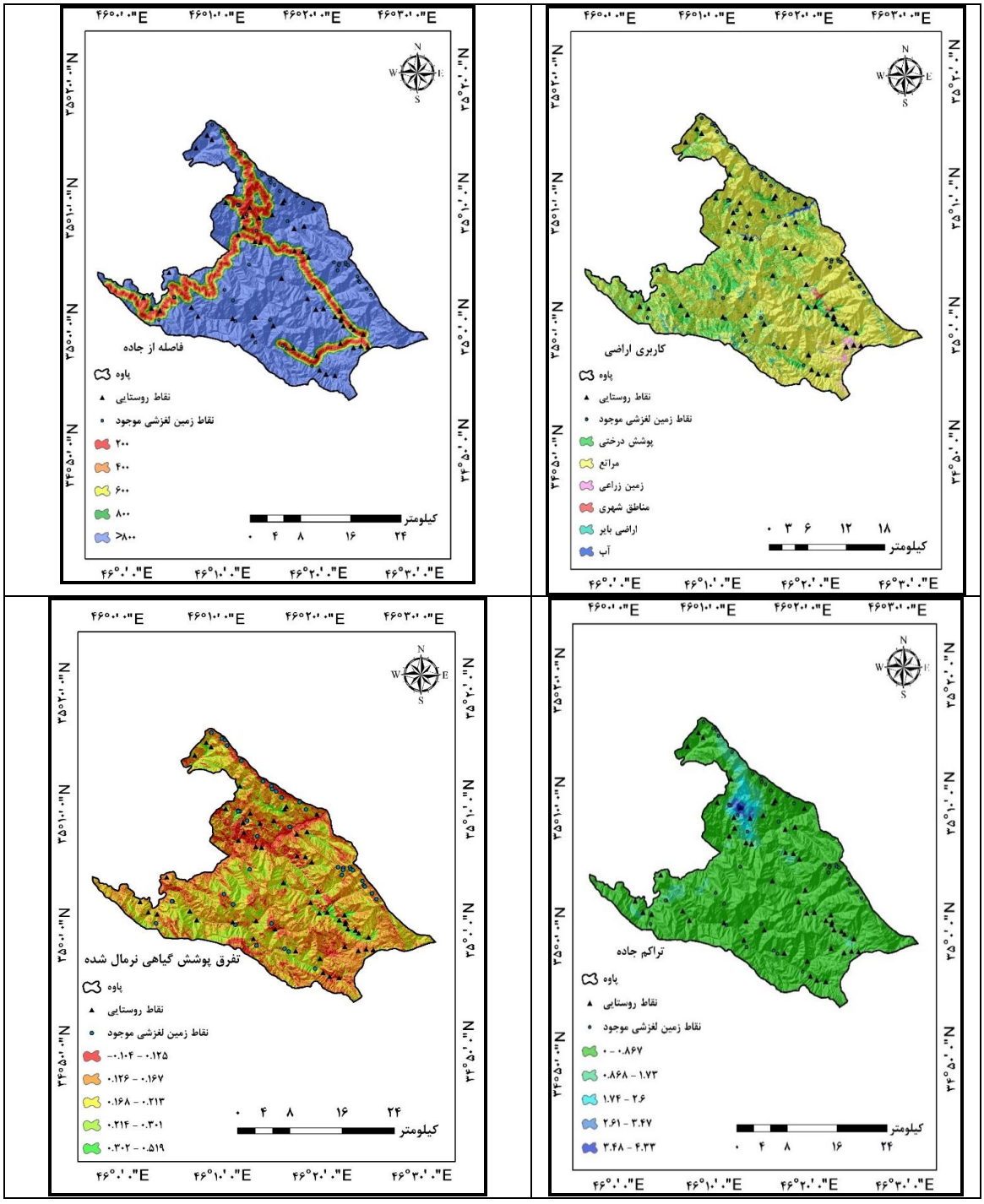


شکل ٤. نقشه‌های مربوط به زیرمعیار لیتولوژی (زمین‌شناسی، فاصله از گسل و تراکم گسل) و هیدرولوژی (فاصله از رودخانه)



ادامه شکل ٤. نقشه‌های مربوط به زیرمعیارهای هیدرولوژی (تراکم رودخانه و بارش)

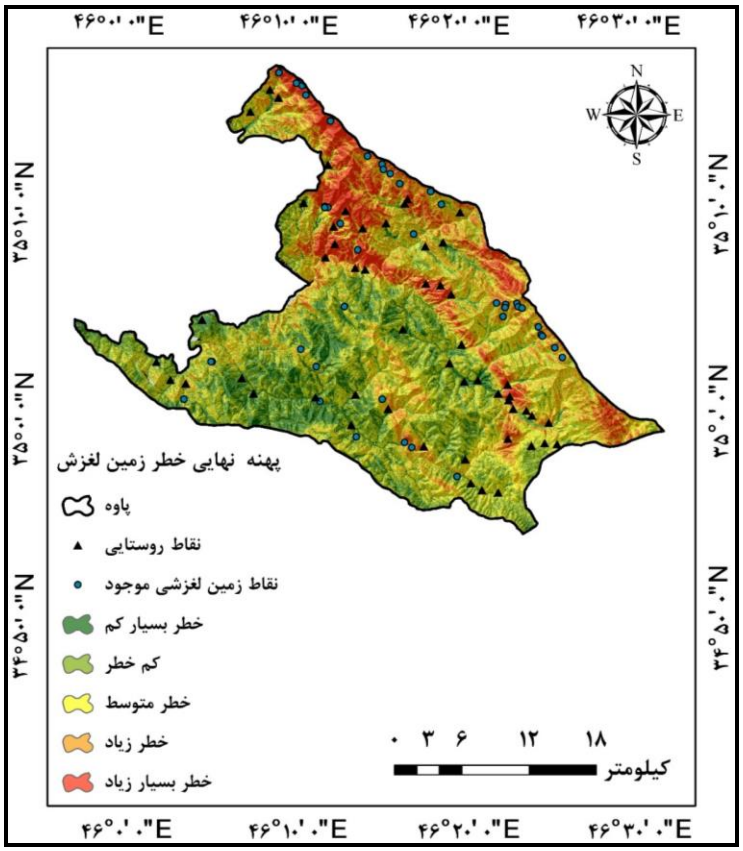
در شکل ۵ نقشه‌های مربوط به زیرمعیارهای عوامل انسانی (کاربری اراضی، فاصله از جاده، تراکم جاده و شاخص تفرق پوشش گیاهی نرمال شده ترسیم شده است.



شکل ۵. نقشه‌های مربوط زیرمعیارهای عامل انسانی (کاربری اراضی، فاصله از جاده، تراکم جاده و تفرق پوشش گیاهی نرمال شده)

برای تهیه نقشه پهنه‌بندی نهایی حساسیت به خطر زمین لغزش، تمامی لایه‌های استخراج شده با هم ترکیب شده و نقشه نهایی تولید شد (شکل ۶) و اطلاعات کمی حاصل از نقشه نهایی استخراج گردید (جدول ۳ و ۴). یافته‌ها نشان می‌دهد بیشتر قسمت‌های شمال، شمال شرقی و شرق شهرستان که دارای ارتفاع و شیب بیشتری نسبت به دیگر نقاط شهرستان پاوه هستند، بیشتر در معرض خطر زمین لغزش قرار دارند و بخش مرکزی، جنوب و غرب شهرستان، در پهنه‌های با خطر متوسط، کم و بسیار کم قرار گرفته‌اند. همچنین نتایج نشان می‌دهد از کل مساحت شهرستان، ۳۰۸/۶۶ کیلومتر مربع (معادل ۳۹ درصد مساحت شهرستان) در پهنه‌های با خطر بسیار کم و کم به لحاظ حساسیت به وقوع زمین

لغزش قرار گرفته است و ۲۴۱/۲ کیلومتر مربع از مساحت شهرستان پاوه (معادل ۳۰ درصد مساحت کل شهرستان) در پهنه با حساسیت متوسط و ۲۴۵/۴ کیلومتر مربع (معادل ۳۱ درصد مساحت شهرستان) در پهنه‌های با حساسیت زیاد و بسیار زیاد نسبت به وقوع خطر زمین لغزش قرار دارد. همچنین نتایج نشان می‌دهد از ۵۳ آبادی دارای سکنه شهرستان، ۱۹ آبادی (لانوان، داریان، خانقاه، بندره، سفیداب، ساتیاری، گوریگور، هانی گرمله، شوشمی سفلی، ورا، دشه، نوریاب، گلال، لشگرگاه، دودان، زردویی، میوان، اریت و بله‌ای)، معادل ۳۵/۸ درصد آبادی‌های شهرستان در پهنه‌های بسیار کم و کم به لحاظ حساسیت به وقوع زمین لغزش قرار گرفته‌اند و ۱۵ آبادی (نروی، سریاس، بیدرواز، دزاور، هیروی، ملاندره، سیمان، باورول، دگاسیاب، درمور، تین، نسمه، لاران سفلی، لاران علیا و میرعبدلی زرین چک) معادل ۲۸/۳ درصد آبادی‌های شهرستان در پهنه با حساسیت متوسط و ۱۹ آبادی (کیمنه، مزرعه بنرو، زبار، حجیج بزرگ، شرکان، مزرعه طلوکی، نجار، چوریژی، دره بیان، تازه آبادمرکزی، شمشیر، مزیدی وزلی، تشار، نیسانه، شیخان، کمادره، دوریسان و سرکران) معادل ۳۵/۹ درصد آبادی‌های شهرستان در پهنه‌های با حساسیت زیاد و بسیار زیاد نسبت به وقوع خطر زمین لغزش قرار گرفته‌اند.



شکل ٦. پهنه‌بندی حساسیت به خطر وقوع زمین لغزش در زیست بوم عشایری شهرستان پاوه

جدول ۳. داده‌های کمی مربوط به پهنه‌بندی حساسیت به خطر وقوع زمین لغزش در زیست بوم عشایری شهرستان پاوه

پهنه خطر	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد	تعداد نقاط روستا	درصد نقاط روستا
بسیار کم	۹۳/۴۹	۱۲	۶	۱۱/۳۲
کم	۲۱۵/۲	۲۷	۱۳	۲۴/۵۲
متوسط	۲۴۱/۲	۳۰	۱۵	۲۸/۳
زیاد	۱۶۵/۸	۲۱	۱۲	۲۲/۶۴
بسیار زیاد	۷۹/۵۷	۱۰	۷	۱۳/۲۲
مجموع	۷۹۵/۳	۱۰۰	۵۳	۱۰۰

جدول ٤. وضعیت روستاهای شهرستان پاوه در پهنه‌بندی حساسیت به خطر وقوع زمین لغزش

پهنه خطر	اسامی روستاها	تعداد خانوار	جمعیت روستایی	درصد جمعیت روستایی
بسیار کم	لانوان، داریان، خانقاه، بندره، سفیداب و ساتیاری	۸۴۸	۲۶۹۵	۱۱/۱۲
کم	گوریگور، هانی گرمله، شوشمی سفلی، ورا، دشه، نوریاب، گلال، لشگرگاه، دودان، زردویی، میوان، اریت و بله‌ای	۲۰۰۲	۶۷۴۵	۲۷/۸۳
متوسط	نروی، سریاس، بیدرواز، دزاور، هیروی، ملاندره، سیمان، باورول، دگاسیاب، درمور، تین، نسمه، لاران سفلی، لاران علیا و میرعبدلی زرین چک	۱۰۸۵	۳۶۰۷	۱۴/۸۸
زیاد	کیمنه، مزرعه بنرو، زبار، حجیج بزرگ، شرکان، مزرعه طلوکی، نجار، چوریژی، دره بیان، تازه آبادمرکزی، شمشیر و مزیدی	۲۰۳۸	۶۷۵۲	۲۷/۸۶
بسیار زیاد	وزلی، تشار، نیسانه، شیخان، کمادره، دوریسان و سرکران	۱۳۵۳	۴۴۳۶	۱۸/۳
مجموع	۵۳	۷۳۲۶	۲۴۲۳۵	۱۰۰

نتیجه گیری

امروزه جوامع بشری با مخاطرات و چالش‌های مختلفی مواجه هستند و برای غلبه و یا کاهش اثرات آن‌ها، سیاست‌ها و برنامه‌های مختلفی ارائه شده است. یکی از مخرب‌ترین مخاطرات طبیعی، زمین لغزش است که به‌واسطه وقوع آن صدمات جانی، مالی و زیست‌محیطی زیادی بر پیکره جوامع مختلف تحمیل می‌شود. در این میان جامعه روستایی و به‌ویژه جوامع عشایری به واسطه پیوند و ارتباط عمیق با محیط طبیعی پیرامون خود و همچنین اتکای بیش از حد به بهره‌برداری از منابع محیطی، بعضاً ممکن است در نواحی سکونت نمایند که به لحاظ موقعیت استقرار، در شرایط ناپایداری قرار گرفته باشد. از این‌رو هدف پژوهش حاضر شناسایی سکونتگاه‌های روستایی در معرض خطر وقوع زمین لغزش در زیست‌بوم عشایری واقع در شهرستان پاوه است. نتایج پژوهش نشان داد حدود یک‌سوم پهنه جغرافیایی محدوده مطالعاتی در معرض خطر بسیار زیاد و زیاد به لحاظ وقوع زمین‌لغزش قرار گرفته است. در پهنه مذکور ۳۵/۹ درصد از روستاهای شهرستان پاوه (معادل ۱۹ روستا) واقع شده‌اند. نتیجه حاصل شده نشانگر وضعیت نامناسب و ناپایدار استقرار بیش از یک‌سوم روستاهای واقع در شهرستان پاوه به لحاظ حساسیت به وقوع خطر زمین لغزش است. از این‌رو لازم است در خصوص روستاهای قرار گرفته در پهنه‌های با احتمال خطر زیاد و بسیار زیاد تدابیر لازم اندیشیده شود. در این میان باید روستاهای وزلی، تشار، نیسانه، شیخان، کمادره، دوریسان و سرکران در اولیت قرار گیرند؛ زیرا ضمن قرار گرفتن در پهنه‌های خطر بسیار زیاد، ۱۸/۳ درصد جمعیت روستایی شهرستان (معادل ۴۴۳۶ نفر) را در خود جای داده‌اند. روستاهای کیمنه، مزرعه بنرو، زبار، حجیج بزرگ، شرکان، مزرعه طلوکی، نجار، چوریژی، دره بیان، تازه آبادمرکزی، شمشیر و مزیدی با حدود ۲۷/۹ درصد جمعیت روستایی شهرستان (معادل ۶۷۵۲ نفر) که در پهنه خطر زیاد قرار گرفته‌اند، در اولویت بعدی قرار دارند.

با توجه به اینکه در خصوص خطر زمین لغزش مطالعه منسجمی در خصوص بسیاری از مناطق روستایی و عشایری کشور صورت نگرفته است، این احتمال وجود دارد ساکنان نسبت به وضعیت استقرار سکونتگاه‌شان در پهنه‌های مستعد خطر بی‌اطلاع باشند. از این‌رو با توجه به نتایج حاصل شده راهکارهای زیر جهت مدیریت مخاطره زمین لغزش در محدوده مورد مطالعه ارائه می‌شود:

- انتشار نقشه نهایی پهنه‌بندی زمین لغزش در میان جامعه روستایی و عشایر شهرستان پاوه از طریق پوستر، فضای مجازی و ...؛
- پایدارسازی مساکن روستاییان و محل استقرار عشایر در برابر زمین لغزش با استفاده از مصالح باکیفت و بادوام؛
- پایدارسازی محل نگهداری دام و سایر فضاهای مورد استفاده جامعه روستایی و عشایر (محورهای ارتباطی، خطوط انتقال آب، برق، گاز و ...)؛
- پایدارسازی نقاط حساس به زمین لغزش از طریق احداث دیوار حائل و ...؛
- جابجایی تدریجی سکونتگاه‌های روستایی و استقرارگاه‌های عشایری واقع پهنه‌های خطر بسیار زیاد و زیاد در برابر زمین لغزش؛
- اجتناب از اجرای پروژه‌های محرک زمین لغزش مانند احداث جاده و ... در پهنه‌های خطر بسیار زیاد و زیاد در برابر زمین لغزش؛ و
- ممانعت از چرای بی‌رویه دام در پهنه‌های خطر بسیار زیاد و زیاد در برابر زمین لغزش.

منابع

ابراهیمی مقدم، فهیمه و عباس نژاد، احمد. (۱۳۹۵). ارزیابی و پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش استان کرمان با مدل‌های فازی و AHP، *فصلنامه زمین شناسی محیط زیست*، ۱۰(۳۷)، ۲۵-۴۴.

اجتماعی، بابک. (۱۴۰۰). شناسایی پهنه‌های خطر ناشی از زمین‌لغزش در سکونت‌گاه‌های روستایی شهرستان داراب. *فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، ۱۱(۴۴)، ۲۳۹-۲۵۲.

ایمانی، بهرام. (۱۴۰۰). تدوین الگویی برای مدیریت مخاطرات طبیعی و پایداری نواحی شهری و روستایی نمونه: زمین لغزش در منطقه رودبار، *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۳۲(۸۳)، صص: ۱۲۸-۱۰۵.

پیشنماز احمدی، مجید؛ محمدزاده، کیوان و ثقفی، مهدی. (۱۳۹۷). پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش و خطرپذیری سکونتگاه‌های روستایی در زیر حوضه رودبار با روش تحلیل شبکه (ANP)، *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی*، ۷(۱)، ۲۲۵-۲۱۱.

روستایی، شهرام؛ مختاری، داود و اشرفی فینی، زهرا. (۱۳۹۹). پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبریز طالقان با استفاده از شاخص آنتروپی شانون، *نشریه علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۴(۷۱)، ۱۲۵-۱۵۰.

شادفر، صمد؛ نصیری هنده خاله، اسماعیل؛ گلمهر، احسان و نصیری محمد. (۱۴۰۱). پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش در قلمرو کوچ نشینان (مطالعه موردی: حوضه طالقان). *مطالعات برنامه‌ریزی قلمرو کوچ نشینان*، ۲(۲)، ۶۵-۷۶.

صالحی، سعدی و معماری، گلان. (۱۳۹۸). پهنه بندی مناطق مستعد زمین لغزش شهرستان سروآباد با مدل AHP در محیط ArcGIS، جغرافیا و روابط انسانی، ۲(۳)، صص: ۱۳۷-۱۵۵.

صفایی‌پور، مسعود؛ شجاعیان، علی و آتش‌افروز، نسرین. (۱۳۹۵). پهنه‌بندی زمین لغزش با استفاده از مدل AHP در محیط GIS (منطقه مورد مطالعه روستای دره گز قلندران شهر دهدز). *جغرافیای طبیعی*، ۹(۳۱)، ۱۰۵-۱۱۸.

عابدینی، موسی و پیروزی، الناز. (۱۳۹۸). پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از تلفیق روش‌های ANP، Hot Spot وWlC (مطالعه موردی: شهرستان خلخال)، *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۸(۴)، ۱۹-۳۶.

عابدینی، موسی؛ اسمعیلی، لیلا؛ پاسبان، امیرحسام و پیروزی، الناز. (۱۴۰۲)، بررسی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه نیرچای با استفاده از مدل ANP، *مطالعات علوم محیط زیست*، ۸(۱)، ۶۰۰۲-۵۹۸۷.

عابدینی، موسی؛ روستائی، شهرام و فتحی، محمدحسین. (۱۳۹۷). پهنه‌بندی حساسیت وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل هیبریدی قضیه بیز ـ ANP (مطالعه موردی: کرانه جنوبی حوضه آبریز اهر چای از روستای نصیرآباد تا سد ستارخان)، *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی*، ۵(۱)، ۱۵۹-۱۴۲.

عرب عامری، علیرضا و حلبیان، امیرحسین. (۱۳۹۴). پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل آماری دو متغیره وزنی AHP و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه زرند)، *جغرافیای طبیعی*، ۸(۲۸)، ۶۵-۸۶.

فیض‌اله پور، مهدی؛ منافی، مرضیه؛ خوشرفتار، رضا و خسروی، یونس. (۱۴۰۰). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل آنتروپی شانون (مطالعه موردی: حوضه آبریز طالقان). *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۱ (۶۲)، ۹۵-۱۱۴.

قیاسی، واحد؛ شیرخانی چشمه شفیع، مازیار و یوسفی، مهیار. (۱۴۰۱). مروری برمطالعات انجام شده در زمینه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش (الگوریتم جنگل تصادفی)، *رویکردهای نوین در مهندسی عمران*، ۶(۴)، ۱۰-۱.

محمدزاده، کیوان؛ بهمنی، سیران و فتحی، محمدحسین. (۱۳۹۶). ارزیابی روش رگرسیون لجستیک در بررسی پتانسیل وقوع زمین لغزش مطالعه‌ی موردی: کرانه‌ی جنوبی حوضه‌ی آبریز اهر چای از روستای نصیرآباد تا سد ستارخان. *هیدروژئومورفولوژی*، ۴(۱۱)، ۱۲۷-۱۴۸.

محمدی، مجید و نور، حمزه. (۱۳۹۸). پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش با استفاده از روش ترکیبی جدید در محیط GIS، *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۲۱(۱۲)، ۱۳۵-۱۴۶.

مرادی، حمیدرضا؛ محمدی، مجید؛ پورقاسمی، حمیدرضا و فیض‌نیا، سادات. (۱۳۸۹). تحلیل و براورد خطر زمین لغزش با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی در بخشی از جاده هراز. *برنامه‌ریزی و آمایش فضا*، ۱۴(۲)، ۲۳۴-۲۴۷.

موسوی، سیده معصومه؛ عابدینی، موسی؛ اسمعلی عوری، اباذر و مدنی، فاطمه. (۱۳۹۵). پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل‌های فازی چندمعیاره در محیط GIS (مطالعه موردی: حوزه‌ی آبخیز ایذه- خوزستان). *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*. ۷ (۱۴)، ۷۸-۸۷.

Ajake, A.O., Eneyo, V.B., Akpan, N.P., Obi, F.G., Eja, E.I., Kharbish, S., & Eldosouky, A.M. (2022). Analysis of participatory dimensions of landslide disaster and risk management in some rural communities of south eastern, Nigeria. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*. 17(2):323-338.

Bhuyan, K., Meena, S.R., Nava, L., Westen, C.V., Floris, M & Catani, F (2023). Mapping landslides through a temporal lens: an insight toward multi-temporal landslide mapping using the u-net deep learning model, *GIScience & Remote Sensing*, 60:1, 2182057, DOI: 10.1080/15481603.2023.2182057.

Fayaz, M.; Meraj, G.; Khader, S.A.; Farooq, M.; Kanga, S.; Singh, S.K.; Kumar, P.; Sahu, N (2022). Management of Landslides in a Rural–Urban Transition Zone Using Machine Learning Algorithms—A Case Study of a National Highway (NH-44), India, in the Rugged Himalayan Terrains. *Land*, 11, 884. https://doi.org/10.3390/land11060884.

Ghasemian, B., Shahabi, H., Shirzadi, A., Al-Ansari, N., Jaafari, A., Kress, VR., Geertsema, M., Renoud, S & Ahmad A. A (2022). Robust Deep-Learning Model for Landslide Susceptibility Mapping: A Case Study of Kurdistan Province, Iran. *Sensors*. 22(4):1573. https://doi.org/10.3390/s22041573.

Khalili, M. A., Guerriero, L., Coda, S., Sellers, C., Calcaterra, D., & Di Martire, D. (2023). Assessment of MT-InSAR processing techniques for slow-moving landslides monitoring in Cuenca (Ecuador) through double-band SAR satellite. *Italian Journal of Engineering Geology and Environment*, 81–88. https://doi.org/10.4408/IJEGE.2023-01.S-11.

Klimeš, J., Novotný, J., Balek, J and et al (2023). Landslide hazard assessment and risk reduction in the rural community of Rampac Grande, Cordillera Negra, Peru, 05 July 2023, PREPRINT (Version 1) available at Research Square [https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3115964/v1].

Miao, F., Zhao, F., Wu, Y and et al (2022). Landslide Susceptibility Mapping in Three Gorges Reservoir Area Based on GIS and Boosting Decision Tree Model, 20 July 2022, PREPRINT (Version 1) available at Research Square, https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1838482/v1.

Petrucci, O (2022). Landslide Fatality Occurrence: A Systematic Review of Research Published between January 2010 and March 2022. *Sustainability* 2022, 14, 9346. https://doi.org/10.3390/su14159346.

Riyahi, V. & Nasire Zare, S. (2021). Evaluating the vulnerability of agricultural land use to the landslide risk in rural areas (Case study: Tarom County). *Journal of Research & Rural Planning*, 10(2): 17-32.

Sapena, M., Gamperl, M., Kühnl, M., Garcia-Londoño, C., Singer, J., and Taubenböck, H (2023), Cost estimation for the monitoring instrumentalization of Landslide Early Warning Systems, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss*. [preprint], https://doi.org/10.5194/nhess-2023-41.

Thapa, S., Karna, A.K and Dahal, B.K (2022). Evaluation of Different Landslide Susceptibility Analysis Methods: A Case Study of Bagmati Rural Municipality, *JOETP*, 3(1): 44-59.

Yu, X.; Xia, Y.; Zhou, J and Jiang, W (2023). Landslide Susceptibility Mapping Based on Multitemporal Remote Sensing Image Change Detection and Multiexponential Band Math. *Sustainability* 2023, 15, 2226. https://doi.org/10.3390/su15032226.

Zeng, T., Yin, K., Gui, L. et al (2023). Quantitative risk assessment of the Shilongmen reservoir landslide in the Three Gorges area of China. *Bull Eng Geol Environ* 82, 214 (2023). https://doi.org/10.1007/s10064-023-03242-z.