Archive of SID

پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال هشتم، شماره ۲، پاییز ۱۳۹۸
صص. ۷۰-۵۲

# پهنه‌بندی عرصه‌های آسیب‌پذیر در برابر مخاطرات طبیعی با تأکید بر زمین‌لغزش (مطالعه موردی: زیر حوضه گرگان رود شهرستان گرگان )

اسماعیل شاهکوئی*- استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه گلستان، گرگان.
رضا سارلی - دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آب و هواشناسی- تغییر اقلیم، دانشگاه گلستان،گرگان.
یوسف درویشی - استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه پیام نور.
سمانه امان پور قرائی- کارشناس ژئومورفولوژی،دانشگاه گلستان، گرگان.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۱/۱۷ تائید نهایی: ۱۳۹۸/۰۵/۱۹

## چکیده

**حرکات توده‌ای، ازجمله پدیده‌های مورفودینامیک هستند که تحت تأثیر عوامل مختلفی در سطح دامنه‌های مناطق کوهستانی به وقوع می‌پیوندد پهنه‌بندی لغزش‌ها یکی از روش‌هایی است که می‌توان به کمک آن مناطق بحرانی را تعیین کرده و از نقشه‌های پهنه‌بندی به‌دست‌آمده در برنامه‌ریزی‌ها استفاده کرد در این راستا با توجه به موضوع هدف پژوهش حاضر بررسی عرصه-های آسیب‌پذیر در برابر مخاطرات طبیعی با تأکید بر زمین‌لغزش است. تحقیق حاضر، با توجه به ماهیت مسئله و موضوع موردبررسی، از نوع توصیفی - تحلیلی و از حیث مطالعات کاربردی با تأکید بر روش‌های کمی است. جهت شناسایی مکان‌های دارای پتانسیل لغزش بالا معیارهایی از قبیل: (شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، فاصله از مراکز سکونتی، انحنای زمین، بارش، ارتفاع، تراکم پوشش گیاهی، زمین‌شناسی، خاک، تراکم آبراهه، فاصله از جاده مورد ملاحظه قرارگرفته‌اند به‌منظور محاسبه تراکم و میزان سبزی پوشش گیاهی از باندهای مادون‌قرمز نزدیک و باند قرمز(۴-۵) ماهواره لندست۸ استفاده گردید و خروجی نهایی با روش هم‌پوشانی حسابی در محیط GIS محاسبه شد تمامی فرایندها و تجزیه تحلیل داده‌ها در محیط GIS و نرم‌افزار Super decision استفاده گردید همچنین نتایج بدست آمده در نقشه نهایی نشان‌دهنده آن است که طبقه ۵ با ضریب رانش بالا ۱۵ درصد از کل مساحت منطقه، طبقه۴ با ضریب لغزش زیاد ۱۹ درصد، طبقه۳ با ضریب متوسط۳۵ درصد، طبقه ۲ با ضریب کم۲۲ درصد، طبقه۱ با ضریب خیلی کم۸ درصد را به خود اختصاص داده‌اند درنتیجه بالغبر ۳۴ درصد از کل منطقه در معرض لغزش شدید قرار دارد.**

***واژگان کلیدی:لغزش، گرگان رود، شهرستان گرگان، GIS، Super decision.***

* نویسنده مسئول: E-mail: rs.moha@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID



**مقدمه**

یکی از انواع ناپایداری دامنه‌ای که هرساله خسارات مالی و جانی فراوانی را بر زندگی انسان‌ها وارد می‌نماید پدیده زمین‌لغزش است وجود عوامل مستعد کننده ناپایداری دامنه‌ها نظیر شیب، زمین‌شناسی و کاربری اراضی ازجمله عوامل ایجاد خسارت فراوان به منابع طبیعی و مسکونی ،از قبیل هدر رفت سریع خاک، تخریب اراضی کشاورزی، مسکونی، جنگل‌ها،جاده‌ها و... است(احسن[۱]، ۲۰۱۵). حرکت‌های دامنه‌ای شامل حرکت‌های دانه‌ای و توده‌ای زمین بوده که حسب منطقه دلایل متعدد طبیعی و انسانی در وقوع آن می‌توانند دخالت داشته باشند که متأسفانه خسارت‌های سنگین مالی و جانی را بعضاً ایجاد می‌کنند (متولی، ۱۳۹۶: ۳۱). شناخت نواحی مستعد وقوع زمین‌لغزش و حرکات توده‌ای از ضروریات مدیریت منابع طبیعی و برنامه‌ریزی توسعه‌ای و عمرانی است(یامین و همکاران[۲]، ۲۰۱۵). زمین‌لغزش‌ها و ناپایداری‌های دامنه‌ای مخاطرات مهمی برای فعالیت‌های انسانی هستند که اغلب سبب از دست رفتن منابع اقتصادی، آسیب به اموال و تأسیسات می‌شوند. این مخاطرات درشیب‌های طبیعی و یا شیب‌های که به دست انسان تغییریافته‌اند اتفاق می‌افتد (صفاری و هاشمی، ۱۳۹۵: ۴۳ به‌نقد از عابدینی و همکاران، ۱۳۹۳). حرکات توده‌ای، ازجمله پدیده‌های مورفودینامیک هستند که تحت تأثیر عوامل مختلفی در سطح دامنه‌های مناطق کوهستانی به وقوع می‌پیوندد و مهم‌ترین آن‌ها زمین‌لغزش در اشکال مختلف است. یکی از اثرات غیرقابل‌انکار این پدیده، تشدید فرسایش خاک و انتقال رسوبات به پشت سدها و یابنده‌ای پایین‌دست و مخاطرات آن در حوضه‌های آبخیز است (عابدینی و فتحی، ۱۳۹۳: ۷۲). زمین‌لغزش یکـی از معضلات جهانی پیش روی انسان دارای اهمیت خاص است با توجه به اینکه زمین‌لغزش‌ها نسبت به سایر بلایای طبیعی مدیریت پذیر تر است لذا شناخت این پدیده در جهت جلوگیری از خسارات ناشـی از آن از اهمیت زیادی برخوردار است(لنتادا و همکاران[۳]، ۲۰۱۴). استراتژی زمین‌لغزش شامل شناخت فرآیند ,تحلیل خطوط پیش‌بینی زمین‌لغزش در آینده بـرای کاهش پیشرفت و خسارات ناشی از آن است(جوان[۴]، ۲۰۱۳). با توجه به این مطلب که حرکات توده‌ای و زمین‌لغزش‌ها تابعی از عوامل محیطی می‌باشند، بنابراین سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری ابزار مناسب برای پهنه‌بندی زمین در رابطه با خطر لغزش می‌باشند. پیش‌زمینه استفاده تلفیقی از این دو سامانه شناسایی عوامل مؤثر در هدف است. پس از شناسایی عوامل مؤثر با استفاده از سامانه‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری؛ این عوامل اولویت‌بندی و وزن دهی شده و در محیط سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی به‌صورت مکانی نمایش داده می‌شود و درنهایت با توجه به وزن‌های اولویت‌بندی، عوامل با یکدیگر تلفیق می‌شود (کاظمی‌گرجی و همکاران، ۱۳۹۶: ۷۶۵). آگاهی به مسائل توپوگرافی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی و شرایط اقلیمی محدوده‌ی موردمطالعه هنگامی‌که با نرم‌افزار Arc GIS و مدل‌های زمین فضا مانند مدل فازی ترکیب شوند، می‌توانند با دقت نسبتاً بالا سایت‌های در معرض خطر زمین‌لغزش را شناسایی کنند و به‌صورت یک نقشه‌ی پهنه‌بندی ارائه دهند. استفاده از نرم‌افزار Arc GIS به همراه مدل‌های مختلف ابزارهای مفیدی برای پیش‌بینی و پهنه‌بندی در جهت برنامه‌ریزی فراهم می‌کند (عابدینی و یعقوب‌نژاد اصل، ۱۳۹۶: ۱۴۸). در حال حاضر می‌توان از روش‌ها و مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به‌صورت تلفیقی در امر تهیهٔ نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش و آگاهی از مناطق پرخطر موجود استفاده کرد؛ که ازجمله نیازهای اساسی در امر مدیریت بحران است که مدیران بر اساس آن اقدام به تصمیم‌گیری می‌کنند. در جهت رسیدن به مدیریت کارا و مناسب در هنگام وقوع بحران زمین‌لغزش، نیاز است که قبل از وقوع، به شناسایی و برنامه‌ریزی آن پرداخته شود تا تمام

---

۱. Ahsan

۲. Yamin et al

۳. Lantada et al

۴. Juan

www.SID.ir

Archive of SID



جوانب بحران سنجیده شود و راهکارها و نقشه‌های مقابله با آن در اختیار مدیران قرار گیرد (صفایی‌پور و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۰۷). سابقه‌ی مطالعات و پژوهش‌ها در مدل‌سازی و پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش در کشورهای توسعه‌یافته به دهه ۶۰ میلادی بازمی‌گردد لغزش زمین یکی از گسترده‌ترین و مخرب‌ترین مخاطرات طبیعی در نواحی کوهستانی است(شیرانی و همکاران،۱۳۹۴: ۳۲۹). مطالعه لغزش‌ها به دلیل افزایش آگاهی از اثرات اجتماعی و اقتصادی آن‌ها و همچنین افزایش شهرها در مناطق کوهستانی موردتوجه قرارگرفته است بر پایه آمار مرکز تحقیقات اپیدمولوژی بلایا، لغزش‌ها مسبب دست‌کم ۱۷ درصد مرگ‌ومیر ناشی از بلایای طبیعی در سراسر جهان هستند و پیشبینی می‌شود که این روند با توجه به افزایش روزافزون شهرنشینی و جنگل‌زدایی و نیز افزایش بارندگی به دلیل تغییرات اقلیمی در نواحی مستعد لغزش ادامه یابد(گوتز و همکاران[۱]، ۲۰۱۱). در این راستا مطالعه لغزش و مناطق دارای پتانسیل لغزش بالا به‌منظور برنامه‌ریزی و مدیریت همه‌جانبه امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است بدین منظور پژوهش حاضر باهدف بررسی عرصه‌های آسیب‌پذیر در برابر مخاطرات طبیعی در حوزه قره‌سو گرگان است.

## مبانی نظری

### زمین‌لغزش

زمین‌لغزش، یک فاجعه طبیعی لغزش زمین است که متأسفانه غیرقابل‌اجتناب است. زمین‌لغزش‌ها ازنظر بزرگی متفاوت هستند، اما همیشه حرکت و جابجایی زیادی در آن‌ها اتفاق می‌افتد. این حرکت ممکن است شامل ریزش خرده‌های سنگ یا سنگ باشد. یک زمین‌لغزش ممکن است در ساحل یا دور از ساحل و معمولاً در خطوط ساحلی اتفاق بیفتد، اما این نیروی جاذبه زمین است که قطعات سنگی را وادار به حرکت به سمت پایین می‌کند و زمین‌لغزش اتفاق می‌افتد اگر ناحیه‌ای چند فاکتور پیش‌شرط رویداد زمین‌لغزش را داشته باشد، ممکن است به ایجاد مشکلات زیادی ازجمله مشکلات زیرسطحی کمک کند. این مشکلات موجب می‌شود دامنه شیب‌دار ناپایدار شده و دائماً زمین‌لغزش ایجاد شود زمین‌لغزش‌ها ازجمله فجایع طبیعی هستند که گاهی نمی‌توان جلوی آن‌ها را گرفت، به‌خصوص اگر یک زمین‌لغزش به علت فرسایش اتفاق افتاده باشد یک زمین‌لغزش موجب مشکلات زیادی شده و جلوگیری از وقوع آن بسیار دشوار است، برای اینکه باوجوداینکه فعالیت انسانی ممکن است در آن نقش داشته باشد، اما همه آن‌ها این‌طور نیستند بسیاری از زمین‌لغزش‌ها کاملاً طبیعی هستند که به علت مسائل طبیعی ازجمله شرایط خاک و آب‌وهوا ایجاد می‌شوند وقتی پایداری یک شیب کاهش می‌یابد یا تغییر می‌کند، حتی اگر تغییر خیلی کمی باشد، ممکن است سطح شیب‌دار ناپایدار شود. بنابراین تغییرات بزرگ یا حتی کوچک می‌تواند زمین‌لغزش ایجاد کند (کرم و محمودی، ۱۳۹۴: ۲).

### پیشینه تحقیق

امروزه مطالعات علمی و جامع در مورد زمین‌لغزش، در داخل و خارج از کشور صورت گرفته که می‌توان به مواردی اشاره کرد.

فرتی[۲] (۲۰۱۳ از قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی برای تهیه نقشه پتانسیل خطر منطقه دریای شیر استفاده کردند. آن‌ها از انطباق طبقات عوامل مختلف با زمین‌لغزش‌های موجود برای وزن دهی شاخص‌های خطر زمین‌لغزش بهره جسته

[۱]. Goetz et al

[۲]. Ferretti

www.SID.ir

Archive of SID



و نقشه نهائی را تهیه نمودند. چن [۱]و همکاران (۲۰۱۲)، در ناحیه داگوی ترکیه در غرب دریای سیاه، به مطالعه دینامیک حرکات توده‌ای پیچیده ناشی از بارش سنگین پرداختند. تحلیل داده‌های بارش برای دوره‌های طولانی، کوتاه روزانه و ساعتی توسط آن‌ها به‌وضوح دلالت بر این دارد که بارش سنگین در زمین‌لغزش به‌عنوان یک عامل محرک نقش دارد. سپس توپوگرافی،شیب لایه‌بندی مارن،تراکم زیاد درختان و افق خاک ضخیم بر روی زمین مارنی، نقش مؤثری در وقوع انواع زمین‌لغزش‌ها داشته‌اند. گمی‌تزی [۲] و همکاران (۲۰۱۱)، با استفاده از عوامل محیطی و توابع عضویت فازی در نرم‌افزار GIS، نواحی مستعد وقوع زمین‌لغزش در شهر ترس یونان را شناسایی کردند. هادوموکو [۳]و همکاران (۲۰۱۲)، در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که در طی سال‌های ۱۹۹۰–۲۰۰۵ حدود ۱۵۰۸ زمین‌لغزش در جزیره جاوا رویداد که یکی از جزایر متراکم و کوهستانی اندونزی است، به‌طوری‌که این زمین‌لغزش‌ها باعث خسارات زیادی به این منطقه شده است. ژو [۴]و همکاران (۲۰۱۴)، با استفاده از منطق‌فازی به پیش‌بینی خطر زمین‌لغزش در منطقه کایژیان واقع در چین پرداختند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که منطق فازی توانایی بالایی در پیش‌بینی خطر زمین‌لغزش در منطقه موردمطالعه را دارا است. عابدینی (۱۳۹۱)، اقدام به پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در حوضه گیوی چای با استفاده تحلیل سلسله مراتبی AHP نموده و درنهایت بعد از تلفیق وزنی نُه عامل مؤثر کل حوضه را به چهار قسمت با خطر وقوع بسیار بالا، بالا، متوسط و ضعیف طبقه‌بندی نمودند که در آن عامل شیب و لیتولوژی به ترتیب بیشترین تأثیر را در وقوع زمین‌لغزش داشته‌اند. عابدینی و فتحی (۱۳۹۳)، در پژوهشی به پهنه‌بندی حساسیت خطر وقوع زمین‌لغزش در حوضه آبخیز خلخال چای با استفاده از مدل‌های چندمعیاره فازی Fuzzy-AHP و GIS با استفاده از عواملی نظیر شیب، لیتولوژی، ارتفاع، بارش، فاصله از رودخانه، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، گسل و جهت شیب پرداختند و نتایج حاکی از آن بود که در برنامه‌ریزی‌های محیطی و هرگونه دخالت در شرایط محیط طبیعی و ساخت‌وساز در مناطق شمال شرق و شرق حوضه بهتر است با مطالعات دقیق و علمی صورت گیرد تا منجر به تشدید ناپایداری شیب‌ها و مخاطرات محیطی نشود. صفاری و هاشمی (۱۳۹۵)، در پژوهشی به پهنه‌بندی حساسیت وقوع زمین‌لغزش با مدل‌های آنتروپی و منطق‌فازی در شهرستان کرمانشاه با استفاده از نُه پارامتر؛ لیتولوژی، فاصله از آبراهه، فاصله از گسل، فاصله از جاده، شیب، جهت شیب، ارتفاع، کاربری اراضی و بارش در محیط GIS پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مدل فازی با مقدار شاخص احتمال تجربی ۹۰ درصد روش کارآمدتری نسبت به مدل آنتروپی با مقدار شاخص ۵۰ درصد در برآورد خطر زمین‌لغزش در شهرستان کرمانشاه است. کاظمی‌گرجی و همکاران (۱۳۹۶)، در پژوهشی به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش F-AHP و ارائهٔ راهکارهای مقتضی پیشگیری آن در حوضه‌ی آبخیز نکارود در محیط GIS پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بخش اعظم قسمت‌های مرکزی حوزه مستعد لغزش‌های خیلی زیاد و پرخطر هستند و بقیه نقاط نیز دارای خطر متوسط می‌باشند؛ بخش کمی از حوزه با لغزش با پهنهٔ کم‌خطر روبه‌روست. عمادالدین و باباجانی (۱۳۹۶)، در پژوهشی به پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از تحلیل سلسه‌مراتبی AHP در حوضه آبریز بابل رود پرداختند و در این تحقیق برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش از هشت معیار؛ زمین‌شناسی، شیب،کاربری اراضی، گسل، آبراهه، فاصله از جاده، ارتفاع و جهت شیب بهره گرفته و همه‌ی این لایه‌ها در محیط ARC GIS تهیه و کلاس‌بندی شدند و امتیازدهی لایه‌های موردنظر در نرم‌افزار Idridi Selvaانجام گرفت و درنهایت با استفاده از روش AHP نقشه نهایی منطقه که پهنه‌بندی خطر است تهیه کردند. درنهایت مشخص شد که گستره موردمطالعه به‌طورکلی مستعد وقوع زمین‌لغزش است. ایران به دلیل مساعد بودن شرایط جغرافیایی، فقدان مدیریت جامع محیطی و عدم رعایت آستانه‌های محیطی یک کشور پرخطر به شمار می‌آید؛

۱. Chen

2. Gemitzi

۳. Hadmoko

۴. Zhu

www.SID.ir

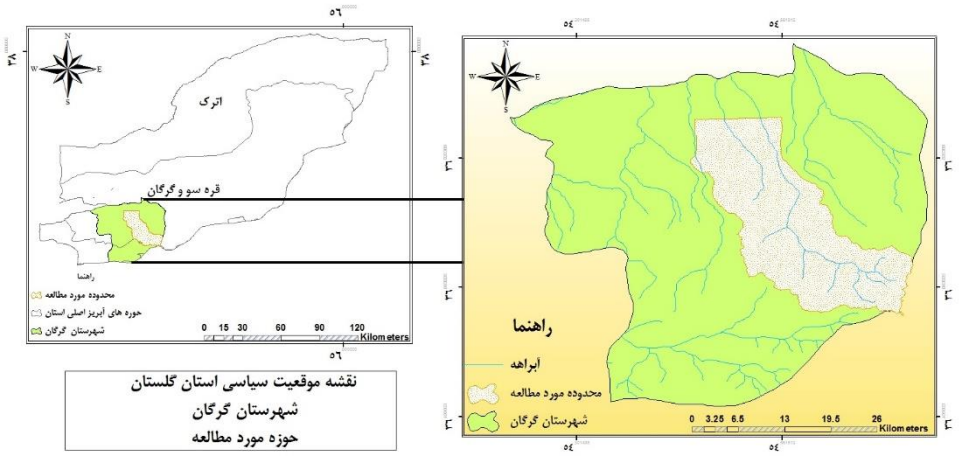
Archive of SID



به‌طوری‌که جزء ۱۰ کشور بلاخیز جهان قرارگرفته و هرساله پدیده‌ی زمین‌لغزش در مناطق کوهستانی و مرتفع کشور خسارات و صدمات قابل‌توجهی به بار می‌آورد (فرخ‌نیا و همکاران، ۱۳۹۶: ۶۶). با توجه به مباحث مذکور، هدف پژوهش حاضر پهنه‌بندی عرصه‌های آسیب‌پذیر در برابر مخاطرات طبیعی با تأکید بر زمین‌لغزش در حوضه‌ی آبخیز از توابع شهرستان گرگان با استفاده از تحلیل سلسه‌مراتبی AHP و ARC GIS است. درنهایت با توجه به پژوهش‌های اشاره‌شده در این بخش که درزمینه‌ی تحقیق حاضر انجام‌گرفته می‌توان این‌گونه بیان نمود که تفاوت پژوهش حاضر در این مقوله است که این پژوهش علاوه بر بررسی معیارهای موردسنجش قرارگرفته شده در پژوهش‌های پیشین به سنجش عوامل طبیعی و اقلیمی به‌منظور شناسایی عرصه‌های با پتانسیل بالای لغزش با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش همپوشانی خطی و وزنی پرداخته که در پژوهش‌های پیشین به شاخص‌های طبیعی و اقلیمی که یک عامل مهم در شناسایی هر چه‌بهتر پهنه‌های لغزشی منطقه است تا حدودی نادیده انگاشته شده است ازجمله: لغزش‌های رخ‌داده در منطقه، فاصله از سکونتگاه‌ها، انحنای زمین، تراکم پوشش گیاهی و خاک است که این پژوهش آن شاخص‌ها را مورد تجزیه‌وتحلیل قرار داده است در پایان پژوهش‌های پیشین به ما در راستای رسیدن به اهداف پژوهش این یاری را نموده‌اند که بتوانیم به‌خوبی مسائل مرتبط با سیلاب را شناسایی نماییم که درنهایت موردبررسی قرار دهیم.

**محدوده موردمطالعه**

حوضه آبریز گرگان رود با مساحت ۱۰۱۹۷ کیلومترمربع یکی از حوضه‌های شمال شرق کشور بوده که بخش وسیعی از آن در استان گلستان واقع است این حوضه از جنوب مشرف‌به سلسله جبال البرز شرقی، از شرق به کوه‌های آلاداغ و گلی داغ، از شمال به حوضه آبریز اترک و از غرب به دریای خزر و حوضه آبریز قره‌سو محدود می‌شود این حوضه در محدوده مختصات جغرافیایی طول شرقی ۵۴ درجه و۱۰ دقیقه و عرض شمالی ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه محصور گردیده است شکل ذیل موقعیت حوزه آبریز گرگان رود در ایران و استان گلستان نشان می‌دهد حوزه آبخیز گرگان رود ازلحاظ اقلیمی بسیار متنوع بوده و بر طبق طبقه‌بندی این حوزه دارای اقلیم‌های مرطوب، نیمه مرطوب، مدیترانه‌ای، نیمه‌خشک و خشک است همچنین عموماً در کلیه مناطق حوزه ماه‌های آذر، دی و خصوصاً بهمن و اسفند مرطوب‌ترین و خرداد لغایت شهریور خشک‌ترین ماه‌های سال است.




**شکل۱. موقعیت محدوده موردمطالعه**

www.SID.ir

Archive of SID

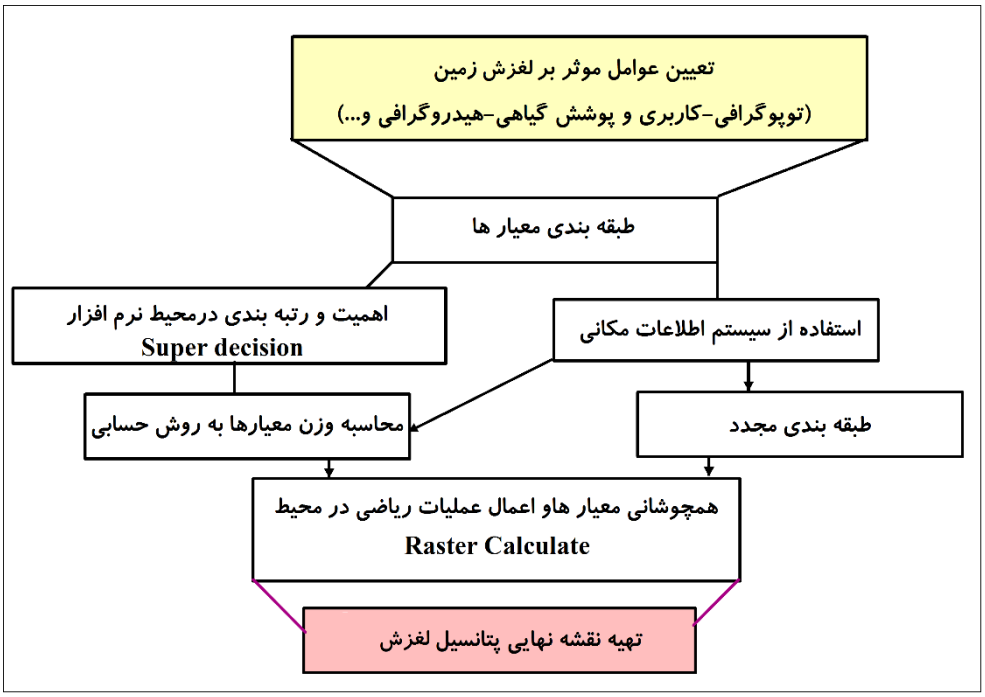


## مواد و روش‌ها

۱- نرم‌افزارهای استفاده‌شده در این تحقیق عبارت‌اند از:

Arc Gis, Super decision

تحقیق حاضر، با توجه به ماهیت مسئله و موضوع موردبررسی، از نوع توصیفی – تحلیلی است و از نوع مطالعات کاربردی با تأکید بر روش‌های کمی است هدف پژوهش بررسی عرصه‌های آسیب‌پذیر در برابر مخاطرات طبیعی با تأکید بر زمین‌لغزش است. جهت شناسایی مکان‌های دارای پتانسیل لغزش بالا معیارهایی از قبیل: (شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، فاصله از مراکز سکونتی، انحنای زمین، بارش، ارتفاع، تراکم پوشش گیاهی، زمین‌شناسی، خاک، تراکم آبراهه، فاصله از جاده مورد ملاحظه قرارگرفته‌اند به‌منظور محاسبه تراکم و میزان سبزی پوشش گیاهی از باندهای مادون‌قرمز نزدیک و باند قرمز(۴–۵) ماهواره لندست۸ استفاده گردید و خروجی نهایی با روش هم‌پوشانی حسابی در محیط GISمحاسبه شد تمامی فرایندها و تجزیه تحلیل داده‌ها در محیط GIS و نرم‌افزار Super decision استفاده گردید به‌نحوی‌که ابتدا وزن هریک از زیر معیارهای معیار اصلی در محیط نرم‌افزار سوپردسیژن تعیین گردید سپس با استفاده از روش‌های همپوشانی وزنی و خطی هر یک از زیر معیارهای فرعیِ معیارهای اصلی در اوزان خود ضرب گردید و درنهایت پس از همپوشانی هریک از معیارها لایه همپوشانی شده در وزن معیار اصلی ضرب و خروجی نهایی در قالب نقشه لغزش تعیین گردید.




**شکل۲. دیاگرام عملیاتی پژوهش**

## یافته‌های پژوهش

www.SID.ir

Archive of SID



به‌منظور سنجش تأثیرگذاری عوامل مؤثر برای لغزش زمین از نرم‌افزارهای تحلیلی ذکرشده در قسمت روش پژوهش استفاده گردید و همچنین برای تعیین شاخص‌های مؤثر در تعیین عرصه‌های با خطر کم و بالا در جهت شناسایی درجه لغزش و ارزش‌گذاری زمین‌ها برای انواع فعالیت‌ها و میزان اهمیت هر یک از این معیارها نسبت به هم با توجه به وضعیت موجود و اطلاعات گردآوری‌شده، هم‌چنین بررسی و مطالعه کتب، طرح‌های پیشین و نظر کارشناسان این امر انجام‌گرفته است که درنهایت به‌صورت لایه‌های اطلاعاتی وارد محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی شده در مرحله بعدی، به لایه‌های اطلاعاتی وزن‌هایی متناسب با درجه اهمیت و تأثیر آن‌ها در انتخاب عرصه مناسب داده می‌شود جهت دستیابی به این شاخص‌ها، نیاز به یک سری نقشه‌ها و پایگاه اطلاعاتی بود که این‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی آماده گردید و پس از آماده‌سازی این نقشه‌ها، جهت تحلیل آن‌ها از روش‌های همپوشانی وزنی و خطی استفاده گردید. در اینجا، معیارهای موردنظر بر اساس تعداد لغزش‌های رخداده از ۵-۱ طبقه‌بندی گردید که رتبه ۱ کمترین ارزش و رتبه ۵ دارای ارزش فوق‌العاده زیاد است.

**هم‌پوشانی به روش وزنی**

- دربسیاری از تحلیل‌های تناسب و مکان‌یابی بعضی معیارها دارای توان و اهمیت بالاتری نسبت به دیگر معیارها هستند در این روش وزن عددی به هر لایه اختصاص داده می‌شود و معیارها بسته به وزنشان بر روی‌هم همپوشانی داده می‌شوند و لایه خروجی متأثر از وزن لایه‌های ورودی است.
- وزن دهی به‌صورت مقایسه زوجی معیارها با استفاده از نظرات کارشناس متخصص در قالب پرسشنامه قابل انجام است

در اینجا به دلیل اینکه برای هر زیر معیارها وزن تعیین‌شده و ارتباط بین آن‌ها محاسبه‌شده از نرم‌افزار سوپردسیژن استفاده گردید.

**جدول شماره۱. معیارهای انتخابی جهت پهنه‌بندی لغزش زمین با روش وزنی**

| معیار اصلی | زیر معیار |
|---|---|
| توپوگرافی | شیب |
| | انحنای زمین |
| | جهات شیب |
| | ارتفاع |
| کاربری و تراکم پوشش | کاربری اراضی |
| | تراکم پوشش گیاهی |
| هیدروگرافی | تراکم رودخانه |
| | بارندگی |
| زمین و خاک | زمین‌شناسی |
| | خاک |
| تأسیسات زیر بنایی | فاصله از جاده |
| | فاصله از سکونتگاه |

مأخذ: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۶

**کاربری اراضی**، نقش این عامل را می‌توان این‌گونه توجیه نمود که، به دلیل تنگنای مورفولوژیکی حاکم بر حوضه و فقدان اراضی برای احداث باغات، غالب باغات که تأمین‌کننده معیشت ساکنین هستند بر روی دامنه‌های شیب‌دار احداث‌شده‌اند. با توجه به اینکه گونه‌های گیاهی غالباً از نوع درختان تنومند با تنه‌های قطور و وزن سنگین نظیر گردو،

www.SID.ir

Archive of SID



چنار، سپیدار و... هستند، سبب افزایش وزن دامنه و ارتفاع زیاد آن‌ها سبب می‌شود که اثرگذاری باد بر روی تاج آن‌ها بیشتر شده که نهایتاً نیروی باد به‌وسیله شاخه‌ها به تنه و از تنه به ریشه انتقال و سبب تحریک و افزایش تنش برشی مواد روی دامنه می‌شود. از طرف دیگر ریشه دوانی سبب تخریب مکانیکی و هوازدگی شیمیایی مواد به سبب وجود اسید هومیک شده که سبب کاهش مقاومت برشی مواد می‌شود. لذا در بین عوامل مؤثر در افزایش تنش برشی مواد و وقوع زمین‌لغزش‌ها این عامل به‌عنوان مهم‌ترین فاکتور تلقی می‌گردد. تأثیر عامل **پوشش گیاهی** در پایداری دامنه‌ها به دو صورت است. گاهی به‌عنوان یک عامل مثبت عمل کرده و سبب تثبیت دامنه‌ها می‌شود و گاهی به‌عنوان یک عامل منفی عمل کرده و سبب ناپایداری دامنه‌ها می‌گردد. در این حوضه نقاط با شاخص تراکم پوشش گیاهی غنی که منطبق بر باغات و اراضی آبی هستند، بیشترین درصد لغزش‌ها را به خود اختصاص داده‌اند بااین‌وجود تأثیر این واحد شبیه تأثیر واحد کاربری اراضی باغی در حوضه بوده که، سبب ناپایداری دامنه‌ها می‌شود. به‌گونه‌ای که در نقاط با شاخص تراکم پوشش گیاهی کمتر این روند به‌شدت کاهش می‌یابد.**ارتفاع**، این عامل به‌طور غیرمستقیم، تعیین‌کننده بسیاری از عوامل مسبب زمین‌لغزش مانند بارش سالانه، بارش‌های شدید و رگباری، نوع بارش، تغییرات دما، یخبندان و ذوب یخ، تخریب فیزیکی و هوازدگی شیمیایی است. بااین‌وجود این عامل در وقوع زمین‌لغزش‌ها می‌تواند بسیار مهم و اثرگذار باشد. بررسی ارتباط عامل ارتفاع و حرکات لغزشی نشان می‌دهد، در حوضه طیف‌های ارتفاعی وجود دارند که بیشتر دچار حرکات لغزشی شده‌اند. نقش **گسل‌خوردگی** را در خرد شدن سنگ‌های تشکیل‌دهنده دامنه، مهیاکردن شرایط جهت عبور آب‌های سطحی و زیرزمینی، افزایش میزان هوازدگی و آلتراسیون و کاهش مقاومت سنگ‌های اطراف توده‌های لغزشی، و تنش‌های انتقالی ناشی از لرزش آن‌ها نشان می‌دهد. این عامل به‌طور اساسی فاکتوری مهم در ناپایداری شیب‌ها و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش تلقی می‌گردد. ضمن مطالعه **شبکه‌های هیدروگرافی** حوضه مشاهده شد که، اغلب حرکات لغزشی حوضه در نقاط نزدیک آبراهه‌ها و کانال‌های آب رخ‌داده‌اند و رابطه معکوسی بافاصله گرفتن از آن‌ها وجود دارد. نتایج حاصل از بکار کیری مدل همپوشانی وزنی نیز بیانگر این واقعیت است که واحدهای بافاصله صفرتا ۳۰۰ متری از آبراهه‌ها و کانال‌های آب بیشترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند. این نتایج بیانگر تأثیر این عامل به‌صورت برداشت تکیه‌گاه جانبی و زیرین دامنه براثر فرسایش وزیری رودخانه است که نهایتاً سبب تغییر در هندسه شیب دامنه و تند شدن آن می‌شود. اثرات نامبرده به‌طور مصنوعی توسط انسان هنگام احداث کانال‌های آب نیز صورت می‌گیرد این عامل علاوه بر تغییر هندسه شیب دامنه، سبب نفوذ بیشتر آب از طریق کانال‌های آب به لایه‌های حساس و نفوذناپذیر دامنه و سنگینی وزن آن می‌شود.

### ❖ استانداردسازی زیر معیارها

**جدول شماره۲. استانداردسازی واحدهای زیر معیارها از معیارهای اصلی**

| | طبقات | تعداد پیکسل‌ها واحدB | تعداد پیکسل‌ها لغزش A | نسبتAبهB | رتبه(مقیاس) |
|---|---|---|---|---|---|
| شیب | ۵–۰ | ۱۶۳۸۹۱ | ۸۶۵۷ | ۰/۰۵ | ۱ |
| | ۱۵–۵ | ۵۷۰۲۷ | ۱۴۸۸۶ | ۰/۲۶ | ۵ |
| | ۳۰–۱۵ | ۱۰۵۹۴۰ | ۲۵۷۷۳ | ۰/۲۴ | ۴ |
| | ۶۰–۳۰ | ۳۰۹۳۴۰ | ۴۸۴۹۹ | ۰/۱۶ | ۳ |
| | ۶۰ به بالا | ۱۹۴۱۹۹ | ۲۸۳۳۳ | ۰/۱۵ | ۲ |
| انحنای زمین | ۱/۵– تا ۷– | ۲۳۲۱۶ | ۳۲۱۲ | ۰/۱۴ | ۳ |
| | ۰/۴۶– تا ۱/۴– | ۱۱۸۶۹۷ | ۱۸۳۲۰ | ۰/۱۵ | ۴ |

www.SID.ir

Archive of SID



| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ۰/۲۱ تا ۰/۴۵- | ۴۴۱۷۳۶ | ۶۴۹۷۳ | ۰/۱۵ | ۴ |
| | ۰/۲۲ تا ۰/۹۴ | ۱۸۹۵۴۳ | ۳۲۲۵۲ | ۰/۱۷ | ۵ |
| | ۰/۹۵ تا ۶/۵ | ۵۷۲۰۵ | ۷۳۹۱ | ۰/۱۳ | ۲ |
| ارتفاع | ۰ تا ۵۱۱ | ۳۰۶۸۹۹ | ۵۳۸۷۹ | ۰/۱۸ | ۴ |
| | ۵۱۲تا ۱۱۲۰ | ۱۳۸۰۰۱ | ۲۱۸۷۴ | ۰/۱۶ | ۳ |
| | ۱۱۳۰ تا ۱۷۴۰ | ۱۴۹۶۶۴ | ۳۴۱۶۱ | ۰/۲۳ | ۵ |
| | ۱۷۵۰ تا ۲۳۲۰ | ۱۶۸۶۷۳ | ۱۵۸۷۸ | ۰/۰۹ | ۲ |
| | ۲۳۳۰ تا ۳۲۳۰ | ۶۷۱۶۰ | ۳۵۶ | ۰/۰۱ | ۱ |
| جهت شیب | ۰تا ۴۵ | ۳۶۱۶۹۳ | ۴۷۵۷۶ | ۰/۱۳ | ۲ |
| | ۴۵ تا ۱۳۵ | ۱۵۷۶۰۷ | ۳۷۷۰۰ | ۰/۲۴ | ۵ |
| | ۱۳۵ تا ۲۲۵ | ۱۰۳۰۲۷ | ۱۳۶۱۰ | ۰/۱۳ | ۲ |
| | ۲۲۵ تا ۳۱۵ | ۲۰۸۰۷۰ | ۲۷۲۶۲ | ۰/۱۳ | ۲ |
| | ۳۱۵ به بالا | ۳۶۱۶۹۳ | ۴۷۵۷۶ | ۰/۱۳ | ۲ |
| کاربری اراضی | مزرعه کشاورزی | ۱۲۶۰۱۱ | ۴۴۱۱ | ۰/۰۴ | ۳ |
| | دیم‌کاری | ۵۶۹۳۴ | ۷۳۰۰ | ۰/۱۳ | ۴ |
| | جنگل | ۵۸۳۸۸۸ | ۱۱۱۷۶۲ | ۰/۱۹ | ۵ |
| | مسکونی | ۱۹۲۴۱ | ۲۶۷۵ | ۰/۱۴ | ۴ |
| | مرتع | ۴۴۳۲۳ | ۰ | ۰ | ۱ |
| تراکم پوشش گیاهی | ۰/۴۰- تا ۰/۱۸ | ۴۶۲۹۹ | ۶۱۴۰ | ۰/۱۳ | ۳ |
| | ۰/۱۸ تا ۰/۲۶ | ۴۹۳۳۱ | ۴۴۱۹ | ۰/۱۱ | ۲ |
| | ۰/۲۶ تا ۰/۳۴ | ۶۸۷۳۰ | ۱۰۶۸۰ | ۰/۱۶ | ۴ |
| | ۰/۳۴ تا ۰/۴۰ | ۱۲۲۲۲۷ | ۱۹۹۴۰ | ۰/۱۶ | ۴ |
| | ۰/۴۰ تا ۰/۵۹ | ۸۲۳۵۳ | ۱۳۷۹۱ | ۰/۱۷ | ۵ |
| تراکم رودخانه | ۰ تا ۲۷۰۰ | ۴۷۱۰۱۱ | ۸۸۹۲ | ۰/۱۳ | ۳ |
| | ۲۸۰۰ تا ۹۱۰۰ | ۲۷۶۱۲ | ۲۲۶۸ | ۰/۱۶ | ۴ |
| | ۹۲۰۰ تا ۱۶۰۰۰ | ۹۰۶۳۶ | ۹۸۳۱ | ۰/۱۸ | ۵ |
| | ۱۷۰۰۰ تا ۲۳۰۰۰ | ۱۳۲۶۵۹ | ۱۲۹۱ | ۰/۱۱ | ۲ |
| | ۲۴۰۰۰ تا ۳۶۰۰۰ | ۱۰۸۴۷۹ | ۱۲۲۱ | ۰/۰۶ | ۱ |
| بارندگی | ۰ تا ۷۲ | ۷۶۲۲۵۰ | ۱۲۵۷۷۱ | ۰/۱۶ | ۳ |
| | ۷۲تا ۹۲ | ۵۷۸۳۹ | ۳۷۷ | ۰/۰۱ | ۲ |

www.SID.ir

Archive of SID



| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ۱۰۱ تا ۹۲ | ۸۶۳۸ | ۰ | ۰ | ۱ |
| | ۱۱۰ تا۱۰۱ | ۱۲۲۳ | ۰ | ۰ | ۱ |
| | ۱۵۰ تا۱۱۰ | ۴۴۷ | ۰ | ۰ | ۱ |
| زمین‌شناسی | Qt2 | ۱۴۷۴۷۶ | ۶۷۵۲ | ۰/۰۵ | ۳ |
| | Ql | ۸۹۵۹۲ | ۴۰۴۴۵ | ۰/۴۵ | ۵ |
| | Sy | ۴۰۸۸۹ | ۵۱۴ | ۰/۱۳ | ۱ |
| | PEgs | ۱۱۶۰۲۳ | ۱۰۴۷۳ | ۰/۰۹ | ۱ |
| | Js3 | ۱۳۹۳۲ | ۳۱۷۱ | ۰/۲۳ | ۴ |
| | Qal | ۲۶۰۶۵ | ۲۲۱۲ | ۰/۰۸ | ۲ |
| | C1 | ۱۵۰۸۴ | ۰ | ۰ | ۱ |
| | O | ۵۸۵۰ | ۰ | ۰ | ۱ |
| | Pd | ۴۰۵۱۵ | ۳۹۹ | ۰/۰۱ | ۲ |
| | C1m | ۴۵۸۸۰ | ۵۴۲۴ | ۰/۱۲ | ۳ |
| | C2O | ۹۵۹۹ | ۱۰۶۳ | ۰/۱۱ | ۳ |
| | Qt1 | ۱۹۱ | ۰ | ۰ | ۱ |
| | Dkh | ۲۹۹۷۳۱ | ۵۴۸۲۹ | ۰/۱۸ | ۳ |
| | Dkh2g | ۳۶ | ۰ | ۰ | ۱ |
| | Q2 | ۱۴۴۹ | ۰ | ۰ | ۱ |
| خاک | II | ۵۷۷۳۵۸ | ۷۹۷۲۰ | ۰/۱۴ | ۳ |
| | IIIW | ۳۶۴۲۴ | ۴ | ۰ | ۱ |
| | I | ۳۸۰۶۷ | ۰ | ۰ | ۱ |
| | IIT | ۸۵۴۶۲ | ۸۹۷۴ | ۰/۱۱ | ۲ |
| | IVT | ۹۳۰۸۶ | ۳۷۴۵۰ | ۰/۴ | ۵ |
| فاصله از جاده | ۱۸۱۰ تا ۰ | ۶۵۱۱۳۳ | ۹۹۰۵۴ | ۰/۱۵ | ۲ |
| | ۳۶۲۰ تا ۱۸۲۰ | ۱۶۰۹۴۱ | ۲۷۰۹۴ | ۰/۱۷ | ۳ |
| | ۵۴۲۰ تا ۳۶۳۰ | ۱۸۳۲۳ | ۰ | ۰ | ۱ |
| فاصله از سکونتگاه | ۱۳۲۰ تا ۰ | ۳۹۴۳۶۸ | ۷۶۲۷۵ | ۰/۱۹ | ۴ |
| | ۲۳۱۰ تا ۱۳۳۰ | ۴۰۴۳۳۱ | ۴۸۹۹۷ | ۰/۱۲ | ۳ |
| | ۳۴۱۰ تا ۲۳۲۰ | ۳۱۶۴۰ | ۸۷۶ | ۰/۰۳ | ۲ |
| | ۶۱۳۰ تا ۳۴۲۰ | ۵۸ | ۰ | ۰ | ۱ |

www.SID.ir

Archive of SID



**جدول شماره ۳. ماتریس تعیین ارجعیت ارزش‌های موردنظر معیارهای اصلی درخطر زمین‌لغزش**

| معیارهای اصلی | توپوگرافی | کاربری و تراکم پوشش | هیدروگرافی | زمین و خاک | تأسیسات زیر بنایی | وزن معیارهای اصلی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| توپوگرافی | ۱ | ۱/۳ | ۵ | ۲ | ۳ | ۰/۳۰۸۷۳۷ |
| کاربری و تراکم پوشش | ۳ | ۱ | ۱ | ۳ | ۳ | ۰/۳۲۰۲۴۷ |
| هیدروگرافی | ۱/۵ | ۱ | ۱ | ۳ | ۵ | ۰/۲۰۸۰۴۳ |
| زمین و خاک | ۱/۲ | ۱/۳ | ۱/۳ | ۱ | ۱/۳ | ۰/۰۷۱۲۳۳ |
| تأسیسات زیر بنایی | ۱/۳ | ۱/۳ | ۱/۵ | ۳ | ۱ | ۰/۰۹۱۷۳۹ |

**جدول شماره ۴. تعیین ارجعیت زیر معیارهای توپوگرافی**

| معیارهای اصلی | شیب | انحنای شیب | جهت شیب | ارتفاع | وزن زیر معیارها | ضریب سازگاری |
|---|---|---|---|---|---|---|
| شیب | ۱ | ۱/۳ | ۳ | ۵ | ۰/۲۶۹۰۴۸ | ۰/۰۸۲۲ |
| انحنای شیب | ۳ | ۱ | ۵ | ۷ | ۰/۵۶۴۶۲۳ | |
| جهت شیب | ۱/۳ | ۱/۵ | ۱ | ۲ | ۰/۰۷۶۸۳۱ | |
| ارتفاع | ۱/۵ | ۱/۷ | ۱/۲ | ۱ | ۰/۰۸۹۴۹۷ | |

**جدول شماره ۵. تعیین ارجعیت زیر معیارهای هیدروگرافی**

| معیارهای اصلی | تراکم رودخانه | بارندگی | وزن زیر معیارها | ضریب سازگاری |
|---|---|---|---|---|
| تراکم رودخانه | ۱ | ۵ | ۰/۸۳۳۳۳۳ | ۰/۰۰۰۰ |
| بارندگی | ۱/۵ | ۱ | ۰/۱۶۶۶۶۷ | |

**جدول شماره۶ . تعیین ارجعیت زیر معیارهای تأسیسات زیر بنایی**

| معیارهای اصلی | فاصله از جاده | فاصله از سکونتگاه | وزن زیر معیارها | ضریب سازگاری |
|---|---|---|---|---|
| فاصله از جاده | ۱ | ۴ | ۰/۸۰۰۰۰۰ | ۰/۰۰۰۰ |
| فاصله از سکونتگاه | ۱/۴ | ۱ | ۰/۲۰۰۰۰۰ | |

www.SID.ir

Archive of SID



**جدول شماره ۷. تعیین ارجعیت زیر معیارهای کاربری و تراکم پوشش**

| معیارهای اصلی | تراکم پوشش گیاهی | کاربری اراضی | وزن زیر معیارها | ضریب سازگاری |
|---|---|---|---|---|
| تراکم پوشش گیاهی | ۱ | ۳ | ۰/۷۵۰۰۰۰ | ۰/۰۰۰۰ |
| کاربری اراضی | ۱/۳ | ۱ | ۰/۲۵۰۰۰۰ | |

**جدول شماره ۸. تعیین ارجعیت زیر معیارهای زمین و خاک**

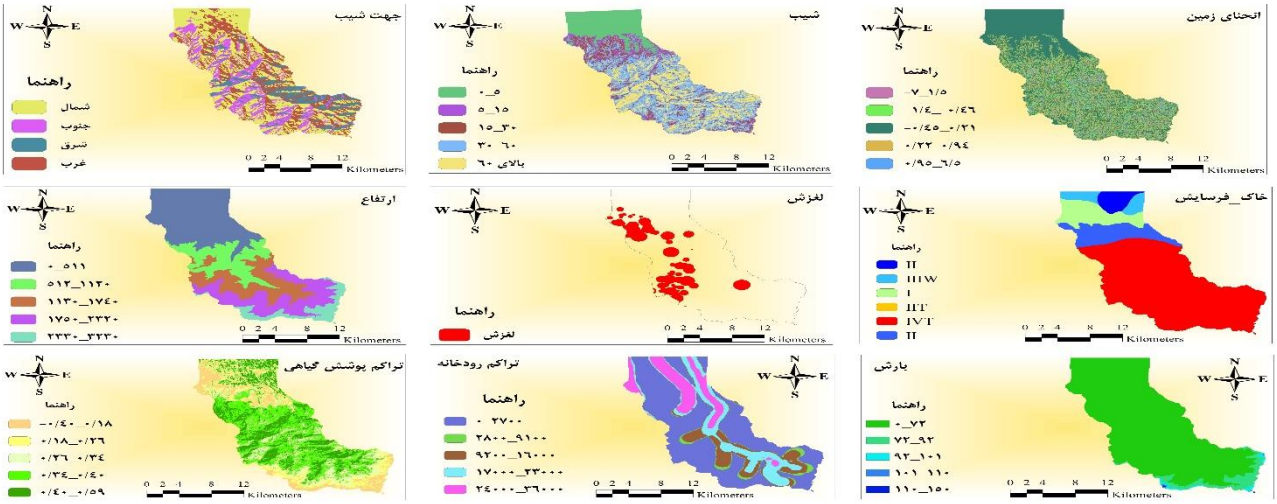
| معیارهای اصلی | زمین‌شناسی | خاک | وزن زیر معیارها | ضریب سازگاری |
|---|---|---|---|---|
| زمین‌شناسی | ۱ | ۵ | ۰/۸۳۳۳۳۳ | ۰/۰۰۰۰ |
| خاک | ۱/۵ | ۱ | ۰/۱۶۶۶۶۷ | |

بررسی و تحلیل نتایج نقشه‌های رستری که عوامل مؤثر در زمین‌لغزش‌های حوضه شهرستان گرگان را با استفاده از مدل همپوشانی وزنی و حسابی نشان می‌دهند، گویای این مطلب است که مناطقی با بارش سالانه بین ۷۲-۰میلی‌متر بیشتر از مناطق دیگر برای وقوع زمین‌لغزش مساعد می‌باشد (جدول ۲). طبقه ارتفاعی بین ۱۷۴۰-۲۳۳۰متر از سطح دریا بیشتر از طبقات ارتفاعی دیگر بهترین شرایط را برای ایجاد زمین‌لغزش مهیا می‌کند (جدول ۲). همچنین مناطقی با پوشش گیاهی کم (جدول ۲)، مناطقی با نفوذپذیری زیاد خاک، وجود لایه‌های رسی، مارنی و تبخیری و نفوذ آب‌های ناشی از آبیاری باغات و بارندگی از داخل درز و شکاف‌های متعدد در منطقه، سبب تجمع زیاد آب در سطح بین مواد هوازده و پی‌سنگ شده و درنتیجه باعث لغزنده شدن، کاهش نیروی اصطکاک و مقاومت برشی مواد و تشدید حرکت لغزشی تحت تأثیر نیروی ثقل روی سطح شیب‌دار به‌طرف پایین دامنه‌ها می‌شود. (جدول ۲)، دامنه‌های رو به شرق و شمال شرق به دلیل اینکه امکان یخبندان طولانی‌مدت و ذوب در آن‌ها بیشتر است. در بلندمدت یخبندان طولانی‌مدت نسبت به دامنه‌های دیگر مواد هوازده بیشتر فراهم می‌کند (جدول ۲) و کاربری زمین به‌صورت باغات به طریق افزایش وزن ناشی از رشد درختان در باغات و افزایش تنش برشی دامنه‌ها (جدول ۲) مناطق مستعد برای زمین‌لغزش است. واحدهای سنگی مرکب از سنگ‌های ولکانیکی و توفی (جدول ۲)، طبقات شیب ۳۳-۱۷ درصد (جدول۲)، و دیگر عوامل به ترتیب بیشترین تأثیر را در وقوع زمین‌لغزش داشته‌اند.جداول(۴-۵-۶-۷)نشان‌دهنده ارزش‌دهی هریک از معیارها نسبت به یکدیگر را نشان می‌دهد اینکه هر یک از معیارها چه امتیازی را به خود اختصاص داده‌اند و همچنین ضریب سازگاری که نشان‌دهنده میزان معنادار بودن امتیازبندی معیارها می‌باشد که در محیط نرم‌افزار سوپردسیژن تعیین می‌گردد اگر ضریب ۱ و یا کمتر از ۱ باشد نشان‌دهنده دقت بالا و اگر بیشتر از یک باشد نشان‌دهنده عدم سازگاری است.

www.SID.ir

Archive of SID






**شکل ۷. نشان‌دهنده بعضی از معیارهای موردسنجش قرار داده‌شده در پژوهش**

## بحث

ارزیابی یک گام بنیادین در توسعه و تعیین کیفیت نقشه پهنه‌بندی خطر است. در این مرحله باتلاقی نقشه پراکنش لغزش‌های منطقه و نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده همانند(جهت شیب، شیب، انحنای زمین، خاک- فرسایش، ارتفاع،بارش، تراکم رودخانه، تراکم پوشش گیاهی) هر یک از این معیارها با زیر معیارهای خود تجمیع شده و در غالب نقشه‌های مربوطه که ذیل آورده شده نمایان گردیده است. در منطقه موردمطالعه با مشاهده رده‌های شیب و زاویه شیب بیشترین وزن به‌دست‌آمده مربوط به شیب با میانگین(۵ تا ۳۰ درجه) است، درشیب‌های کم برآیند نیروها به‌گونه‌ای صورت گرفته که نیروهای مقاوم بیشتر از نیروهای محرک است و درشیب‌های بالا به دلیل افزایش استحکام سازندهای زمین‌شناسی حساسیت به فرسایش کاهش می‌یابد، و فرآیند خاک سازی ضعیف و ستبرای واریزه‌ها کمتر می‌شود، برای لایه سوی شیب، دامنه‌های غربی و دامنه‌های میانی بیشترین رخداد زمین‌لغزش را نشان داده‌اند، این شرایط به دلیل رطوبت و بارندگی است. دامنه‌های با بارندگی زیاد سریع‌تر به حالت اشباع می‌رسند و درنتیجه فشار منفذی دامنه‌ها افزایش می‌یابد. بااین‌وجود این مسئله به ظرفیت نفوذ دامنه بستگی دارد، که توسط متغیرهای مختلفی مانند شیب و توپوگرافی،نوع خاک، نفوذپذیری،تخلخل، مواد آلی تشکیل‌دهنده، پوشش گیاهی و غیره کنترل می‌شود.نتایج به‌دست‌آمده بر لایه زمین‌شناسی بیانگر آن است که بیشترین پتانسیل لغزش مربوط به لایه‌های سنگی با حساسیت بسیار زیاد نسبت به لغزش(رسوبات عهد حاضر،شیل، مارن) به دلیل جذب آب بیشتر، آب گذاری کمتر و درنتیجه اشباع راحت‌تر این نوع سازندها است. نتایج مربوط به لایه کاربری اراضی، رده‌های کشاورزی، و مراتع خوب را به‌عنوان مستعدترین مناطق نسبت به زمین‌لغزش به دلیل اشباع شدن خاک سطحی و کاهش نتش مؤثر معرفی کرده است. این نتیجه با کشاورزی در دامنه شیب‌دار منطقه مطابق است. براثر جریان آب رودخانه‌ها در این منطقه، حفر و فرسایش در رده‌ها صورت می‌پذیرد که سبب شسته شدن مصالح پای دامنه‌ها و افزایش زاویه شیب دامنه‌ها می‌شود، و عامل نگه‌دارنده را از پای دامنه‌ها حذف می‌کند. نقشه‌های خطر زمین‌لغزش به‌دست‌آمده در این مطالعه نشان می‌دهد، که مساحت زیادی از منطقه دارای پتانسیل خطر زیاد و بسیار زیاد است. بر پایه وزن به‌دست‌آمده برای متغیرهای مؤثر درروش سوپر دسیژن و مقایسه نتایج آن‌ها متغیرهای سنگ‌شناسی، میزان بارش و کاربری زمین از عوامل بسیار مهم در ناپایداری‌های دامنه‌ای هستند. برای جلوگیری ازاین‌گونه حوادث از یک روش مناسب برای پایدارسازی توده‌ای لغزنده لازم و ضروری است. روش‌های ثابت سازی بسیار زیاد است

www.SID.ir

Archive of SID

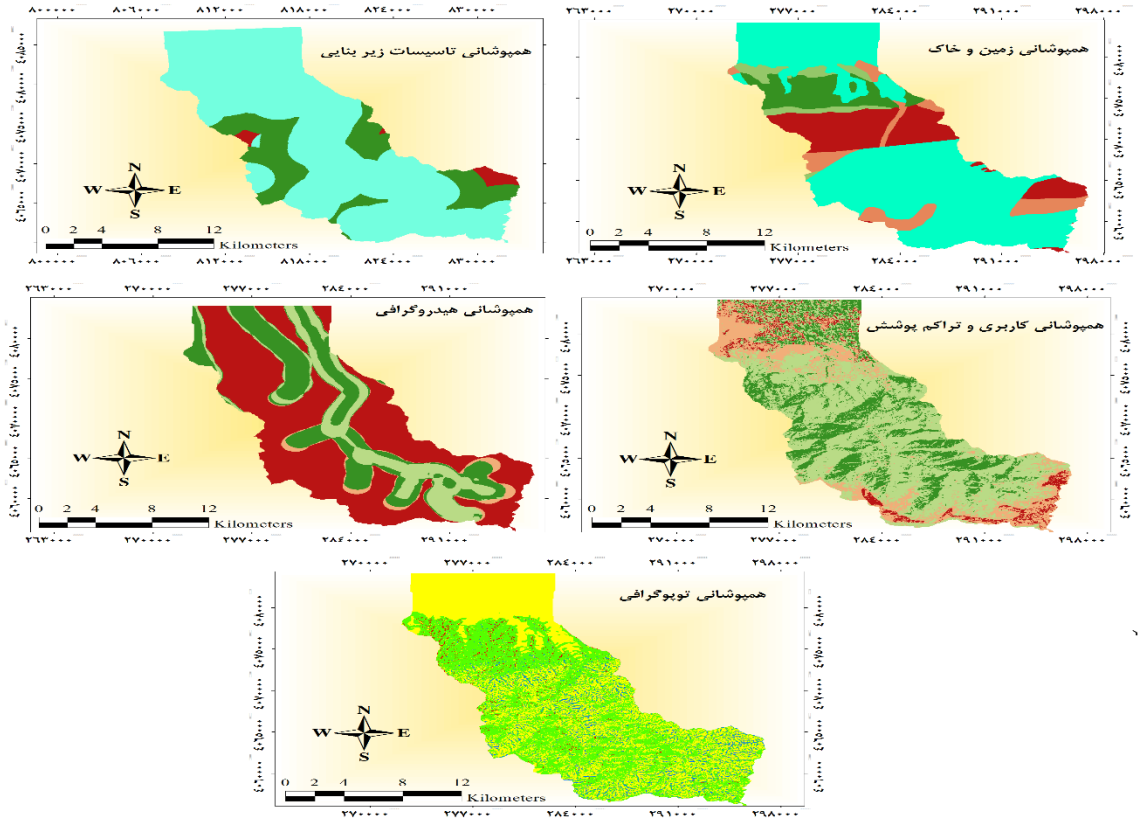


که از ناحیه‌ای به ناحیه‌ای دیگر متفاوت است. برای پایدارسازی بعضی از دامنه‌ها از روش سکوبندی یا تراس‌بندی دامنه‌ها استفاده شـود، در این روش تراس‌بندی به عرض حدود ۵ متر بر روی پله‌هایی به ارتفاع ۱۰ متر قرار می‌گیرد و باعـث پراکندگی و توزیع مجدد بار وارد آمده و تثبیت لغزش‌های چرخشـی در سـنگ ضـعیف می‌شوند. بـا شکست‌ها و لغزش‌های کوچک بر روی سطح شیب‌دار این پلکان‌ها بدون خطر بر روی سکوها فرود می‌آیند. بعضی‌اوقات کانال‌های پهنی را در کنار جاده‌ها و در بخش پائین دامنه‌های شیب‌دار که در معـرض خطر لغزش قرار دارند تعبیه می‌کنند تا مواد لغزنده در آنجا جمـع شـوند . ایـن روش بیشـتر در خاک‌های کوهستانی و دامنه‌های دارای شیب متوسط تا تند مورداستفاده قرار می‌گیرد. استفاده از دیواره‌های حائل ازجمله روش‌های مورداستفاده در تثبیت زمین‌لغزش است. ارتفاع، طول، عرض و شیب‌های دیواره‌های حائل و نوع آن‌ها به‌ویژه پیش‌بینی زهکشی آب از میان دیوار بـا توجه به ساختار زمین‌شناسی محل و شکل هندسی زمین‌لغزش طراحی می‌شود. ایـن روش در پایدارسازی زمین مستعد رانش نقش بسیار مهمی دارد آهک‌دهی در رس‌ها باعث کاهش خاصیت خمیری آن‌ها به دلیل تغییـر حالـت مونـت موریلونیـت سدیم دار به انواع کلسیم‌دار می‌گردد و به پایداری دامنه‌ها کمک می‌کند. عناصر دانه‌ریز مانند رس و مارن که دارای ویژگی تیکر و تروپی هستند (وجود آب در داخل مواد) و از رسیدن آب به مقدار کافی موجب جابه‌جایی مواد به شکل توده‌ای که فواراژ معروف است می‌شود و برای جاده‌های کناره‌ای دامنه‌ها مزاحمت ایجاد می‌کنند و در ایـن مورداستفاده از روش بارباکـان جهت تخلیه آب می‌تواند در پایداری نسبی دامنه‌ها مؤثر باشند. بااین‌وجود با توجه به اثرات مرکب عوامل طبیعی و مصنوعی در وقـوع ایـن پدیده‌ی طبیعی در مناطق مختلف می‌توان از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تعین مناطق حساس به فرسـایش و ارزیابی آن استفاده نمود و هم‌چنین با استفاده از نرم‌افزار GIS به تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی زمین‌لغزش پرداخت. انجام عملیات مربوط به کاهش آب زیرزمینی، زهکشی، جلـوگیری از نفوذ آب، پایدارسازی سکوهای دامنه‌ای، احداث دیواره‌های حائل، جلوگیری از تخریب پوشش گیاهی و کاشت گیاهان بـومی ,ممانعت از فعالیت‌های ناصحیح انسانی , ممانعت از گسترش منـاطق مسـکونی و یـا مراکـز عمـومی در مناطق مستعد مخصوصاً مناطق با پهنه‌های خطر بالا قبل از پایدارسازی آن‌ها جلـوگیری شـود , شناسایی مناطق آسیب‌پذیر و پهنه‌بندی زمین‌لغزش ،کاهش سطوح شیب‌دار ,تأسیس گروه مطالعاتی مسـتقل زمین‌لغزش و از همه مهم‌تر آموزش همگانی به‌ویژه ساکنان اطراف مناطق حساس به زمین‌لغزش به‌منظور توجه بیشتر به صدمات ناشی از آن و کاهش سرمایه‌گذاری در آینده می‌توان از وقـوع زمین‌لغزش در سطح این مناطق پیشگیری نمود. همچنین جلوگیری احداث غیراصولی جاده‌ها است . بـرای پیشگیری از اثرات مخرب این کار از کارشناسان منابع طبیعی در هنگام طراحی‌ها و احداث جاده‌ها به‌خصوص جنگلی استفاده گردد. درنهایت ارائه‌ی یک الگوی مناسب برنامه‌ریزی برای مقابلـه بـا بحران‌های ناشی از بلایای طبیعی که می‌تواند اثرات قابل‌توجهی داشته باشـد و طـرح جـامع بلایـای مـدیریت بحران باید در سطح اصلی اقدامات فوریتی بعد از حادثه و نیز در سطح پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت در جهت کاستن از آثار مخرب و مصیبت‌بار فاجعـه تنظـیم گـردد کـه در ایـن رابطـه مـدیریت یکپارچه‌ی حوضه رودخانه موردنیاز است.

www.SID.ir

Archive of SID





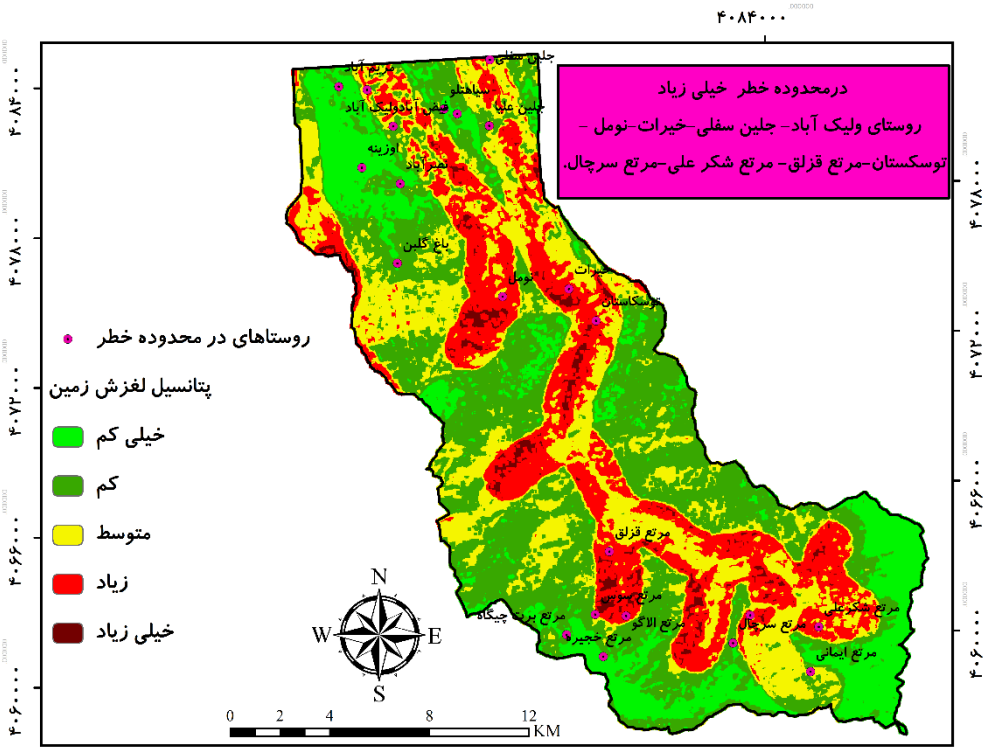

**شکل ۸. نشان‌دهنده تلفیق معیارهای فرعی از گروه معیارهای اصلی موردسنجش قرار داده‌شده در پژوهش**

پس از طبقه‌بندی نقشه پتانسیل لغزش زمین منطقه موردمطالعه طبق معیارهای تعیین‌شده در پنج طبقه و با نظر به اینکه پتانسیل لغزش تابعی از چند معیار است که متناسب با هر معیار می‌توان نقشه آسیب‌پذیری را تولید نمود، درنهایت از همپوشانی یا ترکیب این نقشه‌ها، نقشه پتانسیل رانش نهایی تهیه شد. با توجه به این‌که معیارهای مؤثر در پتانسیل لغزش در چند گروه طبقه‌بندی‌شده‌اند بنابراین نقشه نهایی نیز با توجه به مقادیر هر معیار به ۵ طبقه خطر رانش خیلی کم،کم، متوسط،زیاد و خیلی زیاد پهنه‌بندی شده است. در تحقیق حاضر از همپوشانی وزنی برای ترکیب نقشه‌ها استفاده‌شده است.

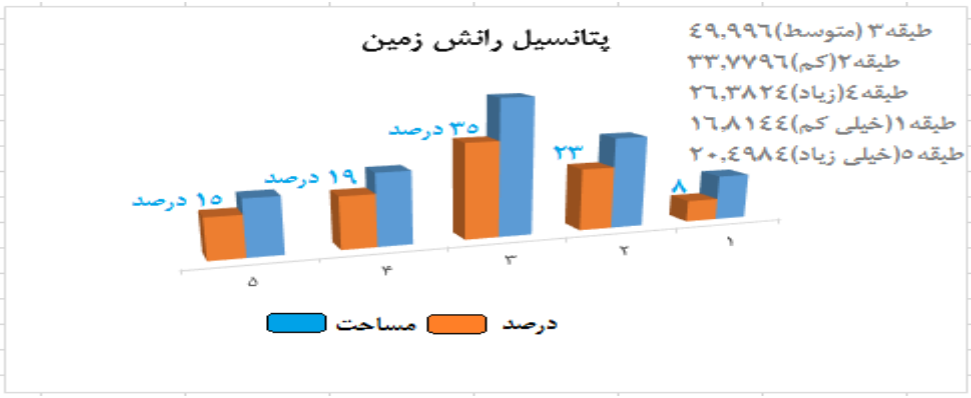
www.SID.ir

Archive of SID






**شکل ۹. نقشه خروجی نهایی پتانسیل رانش زمین**




**شکل ۱۰. مساحت و درصد هریک از طبقه‌ها در نقشه نهایی**

## نتیجه‌گیری

موضوع زمین‌لغزش، همانند پدیده‌های دیگر چون زلزله، آتشفشان و غیره، توجه انسان‌ها را به خود جلب کرده است، زیرا لغزش یکی از عوامل تهدیدکننده جان و مال آن‌هاست به دلیل اینکه زمین‌لغزه خسارت‌های زیادی به جنگل‌ها و رشد آن‌ها،زمین کشاورزی، خطوط انتقال نیرو و گاز، معادن،سازه‌های از دیدگاه اقتصادی مسائل بزرگی را به وجود می‌آورد. نتایج جدول ۳ و وزن‌های به‌دست‌آمده از مدل تحلیل شبکه در کاربری‌های مختلف نشان می‌دهد که تغییر کاربری اراضی توسط انسان به‌صورت باغات و زمین‌های زراعی و درنهایت تغییر شیب دامنه‌ها در ناپایداری دامنه‌ها و وقوع زمین‌لغزش‌ها نقش دارند و از عوامل تشدیدکننده زمین‌لغزش‌ها در منطقه است. عامل گسل کمترین تأثیر را در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه داشته است. اما نمی‌توان گفت که هیچ تأثیری ندارد زیرا با بررسی نتایج وزن‌های به‌دست‌آمده در مدل تحلیل شبکه و

www.SID.ir

Archive of SID



انقطاع نقشه گسل. با نقشه پراکنش زمین‌لغزش معلوم شد که در فاصله ۲۰۰ الی ۳۰۰ متری از گسل زمین‌لغزش‌هایی رخداده است. تأثیر گسل بدین گونه است که گسل‌ها باعث خردشدگی و ایجاد درز و شکاف در توده‌های سنگی اطراف شده و نفوذ عوامل فرسایشی به داخل توده را آسان می‌کنند. نفوذ آب‌های سطحی به داخل درز و شکاف‌ها با افزایش فشار منفذی و کاهش اصطکاک همراه بوده و ناپایداری دامنه را افزایش می‌دهد. نتایج وزن‌های به‌دست‌آمده خطوط آبراهه‌ای نشان داد که بیشترین لغزش‌ها در فاصله ۵۰-۰ متری از رودخانه رخداده است (جدول ۲). تأثیر این عامل به‌صورت برداشت تکیه‌گاه جانبی و زیرین دامنه‌ها براثر فرسایش و زیر بری رودخانه است که درنهایت سبب تغییر هندسه و تند شدن آن را می‌شود. همچنین نتایج خطوط ارتباطی نشان می‌دهد که خطوط ارتباطی با تغییر هندسه شیب دامنه‌ها، حذف تکیه‌گاه جانبی براثر تنش‌های انتقالی زمین در زمین‌لغزش‌های منطقه مؤثر است. بررسی نقشه بارندگی حوضه و نتایج حاصل از وزن‌های به‌دست‌آمده در هر طبقه از بارش نشان می‌دهد، که نقاط با بارش بیشتر، کمتر دچار لغزش شده‌اند. یعنی رابطه بارش با حرکات لغزش یک نوع رابطه معکوس است، و دلیل آن نحوه توزیع مکانی بارش است و می‌توان آن را با رابطه بارش و ارتفاع توجیه کرد. بدین معنی با افزایش ارتفاع حوضه، متوسط بارش سالانه آن نیز افزایش می‌یابد اما دیگر شرایط لازم برای وقوع زمین‌لغزش با افزایش ارتفاع و شیب از بین می‌رود. یعنی در ارتفاعات و شیب‌های تند جنس سازندها سخت شده و حرکات از حالت لغزشی به ریزش تغییر می‌یابد که نتایج حاصل از جداول ارتفاع و شیب نیز گواه این مسئله است چنانچه بیشترین حرکات لغزشی در ارتفاعات و شیب‌های کم رخداده است. نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که خاک‌های با نفوذپذیری زیاد بیشترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند. چنانچه اگر نفوذپذیری خاک زیاد باشد باعث کاهش مقاومت برشی و افزایش تنش برشی مواد روی دامنه می‌شود و سبب ناپایداری دامنه‌ها می‌گردد. منطقه موردمطالعه با توجه به توپوگرافی عمدتاً کوهستانی، فعالیت زمین‌ساختی، و لرزه‌خیزی زیاد، شرایط متنوع زمین‌شناسی و اقلیمی، عمده شرایط طبیعی را برای ایجاد طیف وسیعی از زمین‌لغزش‌ها داراست و این زمین‌لغزش‌ها سالیانه خسارات مالی فراوانی به منطقه وارد می‌سازند اما متأسفانه تا به امروز، تمام مطالعات مقطعی و بدون برنامه‌ریزی دقیق و کارآمد از سوی مسئولان ذی‌ربط انجام پذیرفته است پس مطالعه و پهنه‌بندی مناطق مستعد لغزش با یک دید کاملاً علمی لازم و ضروری است بر این اساس با توجه به ارزش‌دهی هریک از معیارها بالا از معیار اصلی مربوط به توپوگرافی بیشترین ارزش را در رانش انحنای زمین با وزن۰/۵۶۴۶۲۳ و در معیار هیدروگرافی بیشترین دخالت را در لغزش زمین منطقه تراکم رودخانه با وزن۰/۸۳۳۳۳۳ و در معیار تأسیسات زیر بنایی فاصله از جاده با وزن۰/۸۰۰۰۰۰ و در معیار کاربری و تراکم پوشش گیاهی معیار تراکم پوشش گیاهی با وزن۰/۷۵۰۰۰۰ و همچنین در معیار زمین و خاک لایه زمین‌شناسی با وزن۰/۸۳۳۳۳۳ به ترتیب بیشترین ارزش را به خود اختصاص داده‌اند همچنین مساحت به‌دست‌آمده در نقشه نهایی که طبقه ۵ با ضریب رانش بالا ۱۵ درصد از کل مساحت منطقه، طبقه۴ با ضریب رانش زیاد ۱۹ درصد، طبقه۳ با ضریب متوسط۳۵ درصد، طبقه ۲ با ضریب کم۲۲ درصد، طبقه۱ با ضریب خیلی کم۸ درصد را به خود اختصاص داده‌اند درنتیجه بالغبر ۳۴ درصد از کل منطقه در معرض رانش شدید قرارداد.

در پایان با توجه به اهداف پژوهش پیشنهاداتی جهت برنامه‌ریزی و کنترل عامل لغزش مطرح می‌گردد:

**پیشنهادهای عمومی**

- فرار از مناطق لغزشی و عدم هرگونه فعالیت در آن‌ها.
- پذیرش خطر و در نظر گرفتن هزینه‌های امدادرسانی بعد از وقوع.
- داشتن اطلاعات‌پایه در مورد پدیده زمین‌لغزش.
- درک درست مسئولان محلی از اهمیت موضوع .
- درون‌نگری با اعمال پیشگیری و کنترل قبل از وقوع.

www.SID.ir

Archive of SID



- افزایش کارایی و توان علمی کارشناسان اجرایی و تصمیم گیران در مورد پدیده زمین‌لغزش.
- استفاده از سامانه سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌منظور شناسایی و کاهش هزینه‌های اجرایی.

**پیشنهادهای خصوصی**

- برای پایدارسازی بعضی از دامنه‌ها از روش سکوبندی یا تراس‌بندی دامنه‌ها استفاده شـود.
- استفاده از دیواره‌های حائل در تثبیت زمین‌لغزش.
- آهک‌دهی در رس‌ها جهت کاهش خاصیت خمیری مناطق لغزشی.
- استفاده از روش بارباکـان جهت تخلیه آب به‌منظور پایداری نسبی دامنه‌ها مؤثر.
- زهکشی در پایدارسازی دامنه‌های لغزش خیز.
- در مناطقی که با خطر خیلی زیاد و زیاد مشخص‌شده‌اند، باید مطالعات پایداری شیب‌ها برای احداث سازه‌ها صورت گیرد و سازه‌های متمرکز باید در محل‌های کم‌خطرتر احداث شوند.

**منابع**


- سلیمانی، نجمه؛ فرخ‌نیا، علیرضا، معتمدی، حسین (۱۳۹۶)، پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش در محدوده‌ی سایت حفاری چاه $A$ با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی $AHP$، ماهنامه علمی ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز، شماره ی ۱۴۸، ص ۶۶.
- صفاری، امیر و هاشمی، معصومه (۱۳۹۵)، پهنه‌بندی حساسیت وقوع زمین‌لغزش با مدل‌های آنتروپی و منطق فازی (مطالعه موردی: شهرستان کرمانشاه)، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال نهم، شماره ۴۳ ، زمستان، ص ۴۳.
- شیرانی، ک و عرب عامری، ع، ر (۱۳۹۴) پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از روش رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی:حوضه دز علیا)، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال نوزدهم، شماره هفتاد و دوم، ۱۳، ص ۳۲۱ تا ۳۳۴.
- صفایی‌پور، مسعود؛ شجاعیان، علی و آتش افروز، نسرین (۱۳۹۵)، پهنه‌بندی زمین‌لغزش با استفاده از مدل $AHP$ در محیط $GIS$ (منطقه مورد مطالعه روستای دره گز قلندران شهر دهدز)، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال نهم، شماره ۱۳ ، بهار، ص ۱۰۷.
- عابدینی، موسی و فتحی، محمدحسین (۱۳۹۳)، پهنه‌بندی حساسیت خطر وقوع زمین‌لغزش در حوضه آبخیز خلخال چای با استفاده از مدلهای چند معیاره، فصلنامه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال دوم، شماره ۴، بهار، صص ۸۵-۷۱.
- عابدینی، موسی و یعقوب‌نژاد اصل، نازیلا (۱۳۹۶)، پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در استان تهران با استفاده از مدل فازی، دوفصلنامه علمی پژوهشی مدیریت بحران، شماره ۱۱، بهار و تابستان، ص ۱۴۸.
- عابدینی، موسی (۱۳۹۱)، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش‌های حوضه گیوی چای بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی $AHP$، طرح پژوهشی گروه جغرافیای دانشگاه محقق اردبیلی.
- عظیم‌پور، علیرضا؛ صدوق، حسن، دلال اوغلی، علی و ثروتی، محمدرضا (۱۳۸۸)، ارزیابی نتایج مدل $AHP$ در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزه (مطالعه‌موردی: حوضه‌آبریز اهرچای)، فصلنامه فضای جغرافیایی، دوره نُه، شماره ۲۶، صص ۸۷-۷۱.
- عمادالدین، سمیه و باباجانی، حسین (۱۳۹۶)، پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از تحلیل سلسه مراتبی ($AHP$) در حوضه آبریز بابلرود، اولین همایش اندیشه‌ها وفناوری‌های نوین در علوم جغرافیایی، گروه جغرافیای دانشگاه زنجان.
- کاظمی‌گرجی، فائزه؛ احمدی، حسن و جعفری، محمد (۱۳۹۶)، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش $F\text{-}AHP$ و ارائه راهکارهای مقتضی پیشگیری آن (مطالعه‌موردی: حوزه آبخیز نکارود)، مجله منابع طبیعی ایران (مرتع و آبخیزداری)، دوره ۷۰، شماره سه، پاییز، صص ۷۷۵-۷۶۳.


www.SID.ir

Archive of SID




- کرم، عبدالامیر؛ محمودی، فرج ا... (۱۳۸۴)، مدلسازی کمی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در زاگرس چین‌خورده (حوضه‌ی آبریز سر خون، استان چهارمحال و بختیاری)، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۳۷، شماره ۵۱، بهار، صص ۱۴-۱.
- متولی، صدرالدین (۱۳۹۶)، پهنه‌بندی زمین‌لغزش در حوضه‌آبخیز خانیان تنکابن با استفاده از مدل ارزش اطلاعات *Winf* ، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال دهم، شماره ۶۳ ، تابستان، ص ۳۱.
- *Ahsan.N, Warner.J, (2015).The socioeconomic vulnerability index: A pragmatic approach for assessing climate change led risks–A case study in the south-western coastal Bangladesh, International Journal of Disaster Risk Reduction, Volume 8, June 2015, pp 32-49.*
- *Chen Keping, Blong Russwll, Jacobson Carol (2012). MCE-Risk: Integrating Multicriteria Evolution and GIS for Risk Decision-Making in Natural Hazards, Environmental Modeling & Software,16:387-397.*
- *Ferretti, V. (2013), Integrating Multicriteria Analysis and Geographic Information Systems: a survey and classification of the literature, 74th Meeting of the European Working Group "Multiple Criteria Decision Aiding", pp 3-4.*
- *Gemitzi, A., Falalakis, G., Petalas, C (2011). Evaluating Landslide Susceptibility Using Environmental Factors, Fuzzy Membership Functions And GIS. Journal of Global NEST, 13(1), pp.28- 40.*
- *Goetz, J. N., Guthrie, R. H. and Brenning, A,( 2011) Integrating physical and empirical landslide susceptibility models using generalized additive models. Geomorphology, 129(3), 376-386.*
- *Hadmoko DS, Lavigne F, Sartohadi J, Hadi P, Winaryo (2012). Landslide Hazard and Risk Assessment and Their Application in Risk Management and Landuse Planning in Eastern Flank of Menoreh Mountains, Yogyakarta Province, Indonesia.*
- *Juan M. Sánchez-Lozano, Jerónimo Teruel-Solano, Pedro L. Soto-Elvira, M. Socorro García-Cascales, (2013). Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 24, August 2013, pp 544-556.*
- *Lantada, N., Pujades, L., & Barbat, A (2014). Vulnerability index and capacity spectrum based methods for urban seismic risk evaluation. Acomparison, Nat Hazards 51.*
- *Roering, J. J. Kirchner, J.W. Dietrich, W. E. (2005). Characterizing Structural and Lithological Controls on Deep-Seated Land Sliding: Implications for Topographic Relief and Landscape Evolution in The Oregon Coast Range, USA. Geological Society of America Bulletin 117, 654–668.*
- *ww.wiki2.5040.ir*
- *Yamin F., Rahman A., Huq S (2015)."Vulnerability, Adaptation and Climate Disasters: A Conceptual overview; IDS Institute of Development Studies Bulletin, Vol.36, No. 4, October 2015.*
- *Zhu A-X, Wang R, Qiao J, Qin C-Z, Chen Y, Liu J, Du F, Lin Y, Zhu T. (2014). An expert knowledge- based approach to landslide susceptibility mapping using GIS and fuzzy logic. Geomorphology, 214: 128-138.*


www.SID.ir