**Assessing the potential of landslides in Sivan basin, Ilam province and the impact of that vulnerability of the region**

 Mohammad Reza Jafari🖂1,Samad Shadfar 2, Hamidreza pirevan3, and Shamsola Asgar4

1,4. Assistant professor, Natural Resources and Watershed Management Research Department, Ilam agricultural and natural resources Research and Education, AREEO, Ilam, Iran (mg\_jafari@yahoo.com)

2,3- Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research lnstitute, agricultural and natural resources Research and Education, AREEO, Tehran, Iran.

|  |  |
| --- | --- |
| **Article Info** | **ABSTRACT**  |
| **Article type:** Research Article**Article history:** Received …..Received in revised form …. ….2025Accepted …… 2025Published online ……….2025**Keywords**:  *Vulnerability potential, landslide, information layers, weighting,* *Sivan Basin* | **Objective**: The most important goal of this research is to determine the areas susceptible to landslides in the Sivan Basin. In this research, using Google Earth images, field studies, and GPS devices, a map of landslide areas and agricultural uses, natural resources, and road facilities was prepared, so that it could be provided to watershed managers, agriculture, and natural resources, and political managers of the country in terms of time and planning.**Methods**: In this research, by preparing a distribution map of landslide areas, destroyed and endangered resources are identified in different vulnerability zones, then the vulnerability potential caused by landslides is classified based on the intensity in each area. For this purpose, the information layers of landslide areas, agricultural lands, forests, residential areas and roads were prepared in the GIS environment. Then, the prepared layers based on the model (Index Overlay) were weighted and classified using the Class Maps Multi method and using expert opinion.**Resuts:** The landslide vulnerability potential map of the Sivan Basin was prepared in five vulnerability classes: very low (19,846 hectares), low (1,793 hectares), medium (741 hectares), high (2,089 hectares), and very high (871 hectares).**Conclusions**: In the Sivan basin, 44 landslides were identified, 17 of which could be measured and investigated in the field, 10 were in mountainous areas without communication roads and were inaccessible, 12 were not identified at all in the field, and 5 were leveled due to land use change to gardens and facilities. In this study, it was determined that the most damage caused by landslides in the Sivan basin is related to communication roads and forest areas, which are in the high and very high vulnerability range, agricultural lands are in the medium vulnerability range, and the least is related to residential areas, which are in the very low and low range. |
| **Cite this article:** Jafari, Mohammad Reza. (2025). Assessing the potential of landslides in Sivan basin, Ilam province and the impact of that vulnerability of the region*. Spatial Analysis Environmental Hazards*, ……... http//doi.org/000000000000000000C:\Users\Asus\Desktop\CC-BY.png © The Author(s): Publisher: Kharazmi University DOI: http//doi.org/0000000000000000000000 |

**ارزیابی پتانسیل زمین لغزش­های حوضه سیوان، استان ایلام**

**و تأثیر آن در آسیب پذیری منطقه**

**محمدرضا جعفری🖂**1و4 **صمد شادفر**2، **حمیدرضا پیروان**3 **و** **شمس اله عسگری**

1و2. استادیار تحقیقات جنگل، مرتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی ایلام، ایلام،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران رایانامه**:**mg\_jafari@yahoo.com

2و3. دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزي، تهران، ایران

|  |  |
| --- | --- |
| **اطلاعات مقاله** | **چکیده**  |
| **نوع مقاله:** مقاله پژوهشیتاریخ دریافت: ............تاریخ بازنگری: ............تاریخ پذیرش: ..............تاریخ انتشار: 0000000**کلیدواژه‌ها:** **پتانسیل آسیب­پذیری،** **زمین­لغزش، لایه­های اطلاعاتی، وزن­دهی**، حوضه سیوان  | **هدف:** **مهمترین هدف این تحقیق تعیین** مناطق مستعد آسیب­پذیری در اثر پدیده زمین­لغزش **در حوضه سیوان است.** در این پژوهش با استفاده از تصاویرGoogle Earth و مطالعات میدانی و دستگاهGPS ، نقشه مناطق لغزشی و کاربری­های کشاورزی، منابع طبیعی و تأسیسات جاده­ای تهیه و تا امکانی از لحاظ زمانی و برنامه­ریزی، برای مدیران حوزه­های آبخیزداری، کشاورزی و منابع طبیعی و مدیران سیاسی کشور فراهم گردد.**روش پژوهش:** در این پژوهش با تهیه نقشه پراکنش مناطق زمین­لغزش، منابع تخریب یافته و در معرض خطر در پهنه­های مختلف آسیب­پذیری شناسایی، سپس پتانسیل آسیب­پذیری ناشی از زمین لغزش بر اساس میزان شدت در هر منطقه، طبقه­بندی می­گردد. برای این منظور ابتدا لایه­های اطلاعاتی مناطق لغزشی، اراضی زراعی، جنگلی، مناطق مسکونی و جاده­ها در محیط GIS تهیه گردید. سپس لایه­های تهیه شده بر اساس مدل Index Overlay به روش Class Maps Multi و با استفاده از نظر کارشناسی وزن­دهی و طبقه­بندی شد.**یافته­ها:** نقشه پتانسیل آسیب­پذیری زمین­لغزش­های حوضه سیوان در پنج کلاس آسیب­پذیری خیلی کم (19846 هکتار)، کم (1793 هکتار)، متوسط (741 هکتار)، زیاد (2089 هکتار) و خیلی زیاد (871 هکتار) تهیه گردید.**نتیجه‌گیری:** در حوضه سیوان 44 لغزش تعیین گردید که تعداد 17 مورد آن قابل اندازه­گیری و بررسی میدانی بود، 10 مورد در مناطق کوهستانی و فاقد راه ارتباطی بوده و غیر قابل دسترسی و 12 مورد آن اصلاً در عرصه شناسایی نشد و 5 مورد به دلیل تغییر کاربری به باغات و تأسیسات تسطیح شده است. در این پژوهش مشخص گردید بیشترین خسارت­های ناشی از زمین­لغزش­های حوضه سیوان به­ترتیب مربوط به راه­های ارتباطی و مناطق جنگلی هست که در محدوده آسیب­پذیری زیاد و خیلی زیاد قرار دارند، اراضی زراعی در محدوده آسیب­پذیری متوسط و کمترین مربوط به مناطق مسکونی هست که در محدوده خیلی کم و کم قرار دارد. |
| **استناد:** جعفری، محمدرضا. (1404). ارزیابی پتانسیل زمین­لغزش­های حوضه سیوان، استان ایلام و تأثیر آن در آسیب­پذیری منطقه. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ................ http//doi.org/0000000000000000000000000**C:\Users\Asus\Desktop\CC-BY.png**ناشر: دانشگاه خوارزمی © نویسندگان: محمدرضا جعفری، صمد شادفر، حمیدرضا پیروان و شمس­اله عسگری |

**مقدمه**

به طور کلی زمین لغزش عبارت است از جابه­جایی توده‌ای از سنگ یا خاک که معمولاً به طور طبیعی و تحت تأثیر عوامل مختلف به خصوص نیروی جاذبه زمین در دامنه‌های شیب‌دار رخ می‌دهد. این پدیده در محل‌هایی که از مصالح دستی انباشته شده و با این انباشتگی شیب‌دار گردیده نیز صورت می‌گیرد ولی چنین لغزشی با لغزش‌های طبیعی که اغلب اتفاق می‌افتد از نظر عامل به وجود آورنده (عامل انسانی) و وسعت متفاوت می‌باشد. این پدیده طبیعی همه ساله در دنیا زیان‌های جانی و مالی فراوانی به بار می‌آورند و کشورهای مختلف جهان به منظور جلوگیری و کنترل آن هزینه زیادی را متقبل می‌شوند. خسارت‌ها و تلفات ناشی از وقوع زمین انواع حرکات توده­ای و به ویژه زمین­لغزش بسته به وسعت و نزدیکی آن‌ها به مناطق مسکونی و تأسیسات مختلف، می‌تواند متفاوت باشد. این پدیده زمانی­که جوامع انسانی را تحت تأثیر قرار می­دهد می­تواند به حادثه خطرناکی تبدیل شود. که موجب خسارات جانی و مالی و از جمله تخریب منابع طبیعی، تخریب مناطق مسکونی، از بین رفتن مزارع و زمین­های کشاورزی و جاده‌ها، تخریب پل ها، خطوط راه‌آهن، بسته شدن تونل ها، شکسته شدن سدها و تخریب دکل‌های برق و مواردی از این قبیل می شود. زمین لغزش‌ها در ایران نیز تاکنون موجب تلفات جانی و مالی فراوانی شده است. زمین لغزش یکی از پرخسارت­ترین پدیده­های موجود در کشور ایران می­باشد و سالانه خسارات فراوانی به شهرها، روستاها و تأسیسات وارد می­کند، علاوه بر خسارت­های جانی و مالی باعث اختلاف در اکوسیستم شده و مشکلاتی در زمینه مسایل زیست محیطی نیز بوجود می­آورد. انواع زمین لغزش‌ها با این­که نسبت به سایر پدیده­های دیگر از قبیل سیل، زلزله، آتشفشان، آتش سوزی و ... سرعت کمتری دارد ولی در مجموع خسارتی که وارد می­کند قابل توجه می­باشد (جعفری و همکاران، 1402).

پیشینه پژوهش

*1. پیشینه نظری*

*کشور ایران به دلیل شرایط خاص ­و مناسب عوامل مؤثر در ایجاد زمین لغزش از جمله کشورهایی است که کم و بیش با این حوادث طبیعی­ روبرو است. از مهمترین این شرایط می­توان به عوامل زمین­شناسی، آب و هوایی، وضعیت پوشش گیاهی، جنگلی، لرزه خیزی و ... اشاره نمود. حقیقت امراین­که این حوادث غیرمترقبه درکشور ما در خیلی موارد خسارات­های فراوان جانی و مالی و گاهاً به تنهایی در بعضی از شرایط حتی بیشتر از خسارات ناشی از پدیده زمین­لرزه را موجب شده است. در خصوص وقوع زمین­لغزش، تحقیقات و مطالعاتی در مناطق مختلف دنیا انجام شده است و دیدگاه­های متفاوتی بنابر شرایط طبیعی محل وقوع ارائه شده است ازجمله:* *برخی محققان* ناپایداری دامنه­ها را از پدیده­های ژئومورفولوژیکی– زمین­شناسی می­دانند که در تغییر شکل زمین نقش مؤثری دارد (ویتوریا و بلازیو[[1]](#footnote-1)، 2012)، زمانی این فرآیند، فعالیت­های انسان را تحت تأثیر قرار دهد، به پدیده­ای خطرناک تبدیل می­گردد (پائولیتی[[2]](#footnote-2)، 2013) و جعفری و همکاران 1402) و باعث بروز خطرات جانی و مالی فزاینده­ای می­گردد، که جبران این خسارت­ها ممکن نیست و یا به وقت و هزینه بسیار زیاد نیاز دارد (احمدآبادی و رحمتی، 1394). ارزیابی ناپایداری دامنه­ای مانند بسیاری از موضوعات زمین­شناسی محیطی، از پیچیده­ترین مسائل است که به دلیل تنوع عوامل مؤثر در وقوع ناپایداری دامنه­هاست (پورهاشمی و همکاران، 1393). تهیه نقشه آسیب­پذیری زمین­لغزش و ارزیابی شدت آن می­تواند کمک شایانی در زمینه مدیریت محیط و اتخاذ تصمیمات درست در مقابله با این مخاطره باشد (دلال اغلی و همکاران، 1396).

*2. پیشنه تجربی*

پديده زمين­لغزش همه ساله در اكثر استان­هاي كشور باعث خسارت­های اقتصادي به مناطق روستايي و شهري و همچنين به تأسيساتي از قبيل جاده­ها، خطوط آبرساني، گاز و انتقال نيرو مي شود (کاخی و غفوری، 1997). این پدیده می­تواند ناشی از عوامل متعدد زمین­شناسی، ژئومورفولوژیکی، هیدرولوژی، بیولوژی و انسانی باشد (سایدیال و اوچییا[[3]](#footnote-3)، 2006).

نتایج بررسی خطر زمین­لغزش و تحلیل ریسک­پذیری آن در نواحی روستایی در دامنه شمالی سهند نشان می­دهد که60 درصد آبادی­های منطقه با 17531 نفر جمعیت در نواحی با خطر متوسط و 20 درصد روستاها با 2348 نفر جمعیت در محدوده­های با خطر زیاد زمین­لغزش زندگی می­کنند (کرمی و رجبی، 2008). برخي از خسارت­هاي زمين­لغزش ملموس مي­باشند مانند تخريب واحدهاي مسكوني، تجاري، اداري، اراضي كشاورزي و نيز تأسيسات زيربنائي مانند راه­ها و شبكۀ­­هاي آب، برق و تلفن (آن­بالانگان و سینگ[[4]](#footnote-4)، 1991). لوون و فلمیش[[5]](#footnote-5) (2013)، آسیب­های مستقیم و غیرمستقیم ناشی از زمین­لغزش در مناطق هیلی در فلاندر بلژیک به مساحت2910 کیلومتر مربع واقع در غرب بروکسل را مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که حدود 23 درصد منطقه مورد مطالعه را مناطق مسکونی، راه­های موصلاتی و خطوط ریلی تشکیل می­دهد. وقوع زمین­لغزش می­تواند تأثیرات اقتصادی و اجتماعی مهمی در منطقه وقوع داشته باشد. این تأثیرات می­تواند شامل میزان دسترسی جوامع نسبتاً دور دست از خدمات رفاهی و بازار باشد (میک و همکاران[[6]](#footnote-6)، 2016). یکی از بزرگترین زمین­لغزش­های ثبت شده در تاریخ سریلانکا به منطقهآرانایاک مربوط می­شود. این زمین لغزش با تخریب باغات و خانه باغ­های منطقه ثاثیرات زیادی از نظر اقتصادی و اجتماعی بر جوامع روستایی منطقه داشته است (پررا و همکاران[[7]](#footnote-7)، 2018). کلوز و دام[[8]](#footnote-8) (2015)، بررسی خطرات زمین­لغزش را از نظر اقتصادی شامل دو موضوع بسیار مهم می­دانند: اول، ارزیابی اقتصادی خسارات لغزش. دوم ارزیابی آسیب­پذیری، یعنی مطالعه مناطق در معرض خطر لغزش، حساسیت و مقاومت آن در برابر لغزش. ارزیابی و پهنه­بندی مناطق مخاطره آمیز با روش علمی و دقیق می­تواند در راستای کاهش ریسک، مناسب­ترین راه از نظر صرف هزینه و زمان باشد لجم اورک و پیری (1402)، نشان دادندکه بیشترین زمین‌لغزش‌های رخ‌داده در شهرستان باغملک در ارتباط با شیب و جنس زمین بوده؛ چراکه این عوامل با دخالت فعالیت‌های شبکه آب‌های سطحی، بارندگی و دیگر عوامل یادشده، باعث سست شدن پیوند بین رسوبات شده و حرکت آن‌ها را موجب می‌شود. از نظر حجازی و همکاران (1400)، ارزیابی زمین­لغزش­های مناطق مخاطره­آمیز با روش علمی و دقیق می­تواند در راستای کاهش ریسک، مناسب­ترین راه از نظر صرف هزینه و زمان باشد.

**در حوزه آبخیز سیوان اشکال مختلف حرکات توده­ای به­ویژه در مسیر راه­های ارتباطی، اراضی زراعی و مسکونی وجود دارد. از طرفی منابع آب حوضه سیوان مهمترین منبع تأمین آب شرب شهر ایلام و روستاهای اطراف را تشکیل داده و بر روی سازندهای زمین­شناسی سست و حساس قرار گرفته است. با توجه به این­که اقتصاد مردم منطقه بر اساس فعالیت­های کشاورزی و دامداری می­باشد و ارتباط مرکز استان (شهرستان ایلام) با شهرستان­های دره­شهر، بدره و آبدانان و همچنین ارتباط با استان لرستان از طریق راه­های ارتباطی این حوضه است، لذا لزوم** تعیین مناطق مستعد آسیب­پذیری در اثر پدیده زمین­لغزش **در حوضه مورد پژوهش مهمترین هدف این تحقیق است و به یک ضرورت تبدیل شده است.** **بنابراین** در این پژوهش سعی بر آن است با استفاده از تصاویرGoogle Earth و مطالعات میدانی و دستگاهGPS ، نقشه مناطق لغزشی و کاربری­های کشاورزی، منابع طبیعی و تأسیسات جاده­ای تهیه و عملاً، امکانی از لحاظ زمانی و برنامه­ریزی برای مدیران حوزه­های آبخیزداری، کشاورزی و منابع طبیعی و مدیران سیاسی کشور فراهم می­گردد.

*روش شناسی پژوهش*

1. قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه

منطقه مورد پژوهش تحت عنوان واحد هیدرولوژیک گل­گل از زیرحوضه­های مهم سیوان بوده و با مساحت حدود 253 کیلومترمربع در محدوده جغرافیایی َ25° 33 تا َ39 °33 عرض شمالی و َ27° 46 تا َ39 °46 طول­شرقی بین حوضه­های ایلام، سیروان، دره­­شهر و چنگوله قرار دارد. مهم‌ترین رود این حوضه رودخانه کنجانچم است که از اتصال دو رودخانه چاویز و سیوان تشکیل شده است. کمترین ارتفاع حوضه 1068 متر و بیشترین ارتفاع نیز در کوه قلارنگ واقع در شمال حوضه 2580 متر از سطح دریا می­باشد. مراکز عمده جمعيتي حوضه شامل روستاهای سیوان علیا، سیوان سفلی، بهرام‌آباد و بوستانه می­باشد (جعفری و همکاران، 1392). شکل 1 محدوده منطقه مورد مطالعه را در نقشه استان و کشور نشان می­دهد.



**شکل 1). نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه در نقشه استان ایلام و کشور**

2. داده‌ها و روش کار

در اين پژوهش به­منظور شناسایی، قابلیت در دسترس بودن، اندازه­گیری وسعت، مناطق تحت تأثیر لغزش و همچنین طیقه­بندی زمین­ لغزش­های حوضه سیوان از نظر شدت و میزان تخریب منابع و اراضی، بر اساس نقشه­های توپوگرافی 1:50000 سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، تصاویرGoogle Earth ، نقشه­های 1:100000 شرکت ملی نفت و بازدید میدانی اقدام شد. در این راستا ابتدا نقشه­هاي توپوگرافي و زمین­شناسی با استفاده از نرم افزار Ilwls به محیطGIS فراخوان و رقومي گرديد. سپس محدوده مورد تحقیق بر روی نقشه­ها ترسیم و لغزش­های تعیین شده بر اساس تصاویرGoogle Earth و زمین شناسی بر روی آن­ها منتقل و جانمایی گردید. در ادامه مهمترين معيارها و شاخص­هاي آسیب­پذیر متأثر از زمین­ لغزش شامل اراضی جنگلی، اراضی زراعی، مناطق مسکونی و راه­های ارتباطی تعيين و لایه های اطلاعاتی آنها تهیه گردید. در نهایت پروژه در دو فاز به شرح ذیل انجام ­گردید:

**فاز I- تهيه نقشه پراکنش زمین لغزش**

در این مرحله با بررسی نقشه­های توپوگرافی، تصاویرGoogle Earth ، نقشه­های زمین­شناسی بازدیدهای میدانی و استفاده از دستگاهGPS ، نقشه مناطق لغزشی در قالب يک لايه پلیگونی تولید گردید. همچنین موقعیت لغزش­ها از نظر مسافت نسبت به راه­های ارتباطی، مناطق مسکونی، اراضی زراعی، جنگلی و مراتعی مشخص گردید.

فاز II- تهيه لايه­هاي اطلاعاتي مورد نياز

الف- استخراج لایه­های اطلاعاتی مناطق مسکونی و راه­های ارتباطی:با استفاده از نقشه­ توپوگرافی به مقیاس 1:250000، تصاویرGoogle Earth و بازدیدهای میدانی، نقشه پراکنش مناطق مسکونی، تاسیسأت و راه­های ارتباطی حوضه تهیه گردید (شکل 2).

**ب - نقشه کاربری اراضی ( اراضی کشاورزی، جنگلی و مرتعی منطقه):** اين نقشه قبلاً بر اساس تصاوير ماهواره لندست 8 سال 1392 (زمان تهیه نقشه کاربری اراضی استان ایلام)، در مقیاس 1:250000 تهیه شده است.

در این تحقیق به منظور دقت بیشتر در تهیه نقشه کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه بر اساس استفاده از تصاویر ماهواره­ای، از روش طبقه­بندی نظارت شده استفاده شده است. روش­هاي طبقه­بندي نظارت شده با توجه به قابليت­هاي نرم­افزار Ilwis[[9]](#footnote-9) شامل روش­هاي بيشترين احتمال، كمترين فاصله از ميانگين و متوازي­السطح مي­باشد. لذا روش بيشترين احتمال از بين روش­هاي ذكر شده انتخاب شد. با توجه به اين­كه تصاوير ماهواره­اي مورد استفاده در این تحقیق مربوط به سال 2013 ميلادي مي­باشند، در زمان اجرای پروژه کاربری اراضی استان ایلام، با انجام عمليات كنترل صحرايي و استفاده از [[10]](#footnote-10)GPS دستي و انتخاب 150 نقطه كنترل زميني (برای تعیین نمونه‌های تعلیمی)، انتخاب و كاربري­های مشخص شده در نقشه 1:250000 استان اصلاح و بروز گرديد (شکل 3).

 

 **شکل2). نقشه مناطق مسکونی و راه­های ارتباطی حوضه شکل 3). نقشه کاربری اراضی حوضه**

**ج- تهیه نقشه­های وزنی**

برای اعمال نمودن وزن­ کاربری­های مشخص شده در لایه­های اطلاعاتی (راه­های ارتباطی، اراضی زراعی، مناطق جنگلی، مرتعی و مسکونی) مناطق آسیب­پذیر، ابتدا لازم بود برای هرکدام از لایه­های یاد شده ارزش عددی تعریف شود. بنابراین در این پژوهش به­منظور اولویت­بندی مناطق از نظر پتانسیل آسیب­پذیری، در محیطGIS به واحدهای لایه­های اطلاعایی مؤثر در وقوع لغزش وزن (امتیاز) داده شد. در واقع در این روش، واحدهای لایه­های اطلاعاتی مورد استفاده براساس دانش و تجربه شخص محقق (بنابر میزان تأثیر واحدهای هر لایه اطلاعاتی بین صفر تا 10 امتیاز در نظر گرفته می­شود. در این تحقیق براي لایه واحدهاي لغزشی وزن10، جاده وزن 8، جنگل وزن 5، اراضی زراعی 4 و مناطق مسکونی وزن 3 در نظر گرفته شده است) وزن­دهی و با هم تلفیق می­شوند. نقشه حاصل از این تلفیق به درجات مختلف خطر طبقه­بندی می­گردد وزن واحد­ها در هر لايه اطلاعاتي بر اساس مدل Multi Class Map به­شرح جداول (1) تا (5) داده شده است.

**جدول 1). وزن هر واحد لایه لغزش در مدل Multi Class Map**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **امتیاز نهایی برحسب امتیاز لایه** **(10)** |  **(Multi Class Map)****(0 تا 10)** | **لایه مناطق لغزشی** |
| 100 | 10 | فعال |
| 70 | 7 | غیرقابل دسترسی |
| 50 | 5 | شناسایی نشده |
| 1 | 0 | تسطیح شده |

**جدول 2). وزن هر واحد لایه جاده در مدل Multi Class Map**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **امتیاز نهایی برحسب امتیاز لایه** **(8)** |  **(Multi Class Map)****(0 تا 10)** | **لایه راه­های ارتباطی** |
| 80 | 10 | اصلی |
| 40 | 5 | فرعی |
| 1 | 0 | سایر |

**جدول3). وزن هر واحد لایه جنگل در مدل Multi Class Map**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **امتیاز نهایی برحسب امتیاز لایه** **(5)** |  **(Multi Class Map)****(0 تا 10)** | **لایه مناطق جنگلی** |
| 50 | 10 | جنگل |
| 25 | 5 | غیر جنگل |
| 1 | 0 | سایر |

**جدول 4). وزن هر واحد لایه زراعی در مدل Multi Class Map**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **امتیاز نهایی برحسب امتیاز لایه** **(4)** |  **(Multi Class Map)****(0 تا 10)** | **لایه اراضی زراعی** |
| 40 | 10 | زراعی |
| 20 | 5 | غیر زراعی |
| 1  | 0 | سایر |

**جدول 5). وزن هر واحد لایه مسکونی در مدل Multi Class Map**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **امتیاز نهایی برحسب امتیاز لایه**  **(3)** |  **(Multi Class Map)****(0 تا 10)** | **لایه مسکونی** |
| 15 | 5 | مسکونی |
| 9 | 3 | غیر مسکونی |
| 1 | 0 | سایر |

در اين مدل علاوه بر وزن­دهي به واحدها در هر لايه اطلاعاتي به هر لايه اطلاعاتي بر اساس اهميت آن در آسیب­پذیری وزن داده مي­شود (استاندارد سازی). طبق اين مدل وزن دهي بين 0 تا 10 در نظر گرفته شده است و ارزش هر پيكسل در نقشه خروجي طبق رابطه 1 تعيين مي­شود (سلطانی، 1381).

 رابطه 1 

S= ارزش هر پيكسل در نقشه نهايي Sij = وزن هر واحد j ام از نقشه iام Wi = وزن نقشه i ام

**-تلفیق لایه­های وزنی بر اساس روابط حاکم بر مدل مورد استفاده در تحقیق**

پس از تهیه لایه­های وزنی مربوط به هر یک از معیارها (واحدهای لغزشی، مناطق جنگلی، راه­های اراتباطی، اراضی زراعی و مناطق مسکونی) برای انجام عملیات ریاضی روی لایه­های یاد شده، تمامی این لایه­ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی به فرمت رستری تبدیل گردید. به­عبارتی با توجه به اهميت هر يك از لايه­هاي اطلاعاتي (نقشه­ها)‌ در تهیه نقشه آسیب­پذیری مناطق لغزشی، براي لایه واحدهاي لغزشی وزن10، جاده وزن 8، جنگل وزن 5، اراضی زراعی 4و مناطق مسکونی وزن 3 در نظر گرفته شده است. سپس از طریق تابع Raster Calculator طبق رابطه 2 با یکدیگر تلفیق و منطقه مورد مطالعه از نظر آسیب­پذیری پهنه­بندی گردید.

 رابطه 2 Suit mu= (10\*landslaid) + ( 8\*road) + (5\*forest) + (4\*agricultural) + (3\*residential)/30

**- نقشه پتانسیل آسیب­پذیری**(vulnerability) **حوضه سیوان**

به­منظور تولید و ارائه نقشه آسیب­پذیری، بعد از تهیه و تلفیق لایه­های وزنی، ابتدا بر اساس هیستوگرام طبقه­بندی کمی لایه اطلاعاتی، دامنه هر واحد مؤثر در لغزش تعیین،سپس نقشه وزنی کمی مناطق آسیب­پذیر ناشی از زمین­لغزش تولید گردید (شکل 11).

**- طبقه­بندی نقشه پتانسیل آسیب­پذیری حوضه**

نقشه مناطق آسیب­پذیر از نظر کیفی به پنج کلاس خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه­بندی شد (شکل 12).

*یافته‌های پژوهش*

**1- نقشه پراکنش زمین­لغزش­های حوضه سیوان**

با استفاده از نقشه­های زمین­شناسی به مقیاس 1:100000، عکس­های هوایی و تصاویر ماهواره­ای و مطالعات میدانی و استفاده از دستگاه GPS ، نقشه پراکنش زمین­لغزش­های حوضه سیوان تهیه شد. بر این اساس تعداد 44 لغزش تعیین گردید. برخی از این لغزش­ها در مسیر راه­های ارتباطی، اراضی زراعی، جنگلی و مناطق مسکونی قرار دارند، که مورد بررسی و اندازه­گیری قرارگرفتند. اما برخی نیز فقط براساس نقشه­های زمین­شناسی و Goole Earth مشخص شده و قابل دسترسی و اندازه­گیری میدانی نبوده و یا اصلاً در طبیعت شناسایی نشدند. در واقع از 44 لغزش تعیین شده، تعداد 17 مورد آن قابل اندازه­گیری و بررسی میدانی بود،10 مورد در مناطق کوهستانی و فاقد راه ارتباطی بوده و غیر قابل دسترسی و 12 مورد آن اصلاً در عرصه شناسایی نشدند و 5 مورد به دلیل تغییر کاربری به باغات و تأسیسات تسطیح شده است (شکل 4). شکل 5 (الف، ب) نمونه لغزش­های رخ داده در حوضه سیوان را نشان می­دهد.



**شکل4). نقشه موقعیت لغزش­های مورد بررسی در حوضه سیوان**



**شکل 5). الف، ب نمونه لغزش­های حوضه سیوان**

**2: لایه­های وزنی حوضه**

 **- لایه­ وزنی زمین لغزش**

در حوضه سیوان در تمام سازندهای زمین­شناسی از قدیم به جدید شامل سروک، ایلام، گورپی، پابده، آسماری و رسوبات عهد حاضرزمین لغزش اتفاق افتاده است، اما بیشترین شناسایی شده در تشکیلات سروک و مجاورت کواترنر قرار دارند. این مناطق نیز شامل کاربری­های جنگلی، مرتعی و همچنین اراضی زراعی می­باشد. طبق لایه تهیه شده وزنی زمین­لغزش­های حوضه، وسعت مناطق متأثر از لغزش، به ترتیب شامل پنج کلاس خیلی کم 19864، کم 1793، متوسط 741، زیاد 2089 و خیلی زیاد 841 هکتار برآورد گردید (شکل 6).

**- لایه­ وزنی راه­های ارتباطی**

بر اساس روی هم­اندازی لایه اطلاعاتی زمین لغزش­ها ovrlay)) و لایه راه­های ارتباطی حوضه، وسعت محدوده راه­های ارتباطی متأثر از آسیب زمین­لغزش در دو کلاس زیاد و خیلی زیاد به ترتیب 2191 و 2166 هکتار برآورد گردید (شکل 7).

 **- لایه وزنی مناطق جنگلی**

طبق این لایه وسعت مناطق جنگلی متأثر از زمین لغزش در این حوضه حدود 13154 هکتار برآورد گردید (شکل8).

 **-لایه­ وزنی اراضی زراعی**

وسعت اراضی زراعی متأثر از وقوع زمین­لغزش در این حوضه در دو کلاس زیاد و خیلی زیاد به ترتیب حدود 1363و 998 هکتار برآورد گردید (شکل 9).

 **-لایه­ وزنی مناطق مسکونی**

 اگرچه در حوضه سیوان به واحدهای مسکونی آسیبی ناشی از پدیده زمین­لغزش نرسیده است، منتهی از نظر پتانسیل آسیب­پذیری در کلاس خیلی زیاد قرار دارد و وسعتی حدود 123 هکتار را شامل می­گردد (شکل 10). شکل­های 6 الی 10 به ترتیب لایه­های وزنی مناطق لغزشی را جهت مدل­سازی پتانسیل آسیب­پذیری حوضه را نشان می­دهد.



 **شکل 6). لایه­ وزنی مناطق لغزشی حوضه سیوان شکل 7). لایه وزنی راه­های ارتباطی حوضه سیوان**



 **شکل 8). لایه وزنی مناطق جنگلی حوضه شکل 9). لایه وزنی اراضی زراعی حوضه شکل 10). لایه وزنی مناطق مسکونی حوضه**

**3: نقشه پتانسیل آسیب­پذیری حوضه**

حوضه سیوان بر اساس مدل Multi Class Map از نظر طبقات آسیب­پذیری به پنج کلاس آسیب­پذیری خیلی کم (19846 هکتار)، کم (1793 هکتار)، متوسط (741 هکتار)، زیاد (هکتار 2089) و خیلی زیاد (871 هکتار) تفکیک و پهنه­بندی گردید (شکل­های 11و 13).



**شکل 11). نقشه کمی پتانسیل آسیب­پذیری حوضه سیوان شکل 12). نقشه کیفی پتانسیل آسیب­پذیری حوضه سیوان**

**4: نتایج ارزیابی پایداری محیطی حوضه**

**در حوضه سیوان اشکال مختلف حرکات توده­ای در اکثر نقاط حوضه و به­ویژه در مسیر راه­های ارتباطی، مناطق جنگلی، اراضی زراعی و مسکونی وجود دارد و همچنین این حوضه مهمترین منبع تأمین آب شرب شهرستان ایلام و روستاهای اطراف را تشکیل داده و روی سازندهای زمین­شناسی سست و حساس به فرسایش قرار گرفته است، لذا در این حوضه پایداری محیطی بسیار متأثر از پدیده زمین­لغزش در مناطق مختلف لغزشی حوضه می­باشد. به عبارتی به دنبال آسیب­پذیری حوضه ناشی از پدیده زمین­لغزش، اثرات آن در تخریب مناطق جنگلی، مرتعی و به ویژه اراضی زراعی مشخص می­گردد. از طرفی با توجه به این­که جاده اصلی شهر ایلام (مرکز استان) به طرف شهرستان­های بدره، دره شهر و آبدانان از حوضه سیوان می­گذرد، در فصل زمستان وقوع پدیده لغزش که در دامنه­های مجاور مسیر مذکور اتفاق می­افتد، ضمن خسارت­های قراوان به جاده، باعث مسدود شدن راه و مشکلات عدیده­ای برای اهالی منطقه، مسافرین استان و حتی استان­های لرستان و خوزستان می­گردد. بنابراین با توجه به لزوم** تعیین پتانسیل آسیب­پذیری پدیده زمین­لغزش به منظور ارزیابی پایداری محیطی حوضه سیوان در استان ایلام، **تحقیق حاضر با استفاده از مدل** Multi class map در محیط GIS انجام گردید. مشابه این تحقیق **قبلاً** توسط حائری و سمیعی (زارعی و همکاران، 2018؛ خلیلی زاده و مجتبی، 1388)، تیلسن[[11]](#footnote-11) (علیمحمدی و همکاران 2014 و سلیمانپور و همکاران، 2016)، کوپتا و جوشی[[12]](#footnote-12) (کریمی و همکاران، 2013)، (فیض­نیا و همکاران، 2013) و وانگ و همکاران[[13]](#footnote-13) (2012) انجام شده است. ابراهیمی و همکاران (2012)، نیز در پتانسیل­سنجی مناطق مستعد لغزش در حوضه لاسم واقع در جنوب­شرقی دماوند (مرز بین استان مازندران و تهران)، منطقه را به پنج طبقه خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تفکیک کردند. در پهنه­بندی خطر زمین­لغزش در حوزه­آبخیز تجن ساری از این روش استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که مدلIndex overlay مناسب­ترین مدل برای پهنه­بندی خطر زمین لغزش در حوضه مورد مطالعه می­باشد. از نظر شادفر و سلطانی (1385) مدل Multi class map مناسب­ترین مدل جهت پهنه­بندی خطرزمین لغزش می­باشد .

در خصوص پایداری حوضه نسبت به پدیده زمین لغزش، نتایج به­دست آمده حاکی از آن است که عمده خسارت­های محیطی پدیده زمین لغزش در حوضه سیوان مربوط به تخریب مناطق جنگی، اراضی زراعی و راه­های موصلاتی است. به طور کلی سياست­هاي كاهش خسارات زمين­لغزش را می­توان به سه سياست كلی شامل سياست مناسب توسعه، سياست پيشگيري (سعی بر حفظ وضع موجود ) و سياست درمانی (كم هزینه تا پرهزینه) تقسيم نمود كه می­بایست آن­ها را بر اساس دو عامل ميزان خطر و ميزان آسيب­پذیري براي پهنه­هاي مختلف ریسک زمين­لغزش اعمال نمود (مصفایی و همکاران، 1399 . تحقیقات (کرمی و رجبی، 2008)، نیز نشان داد بیشترین خسارت زمین­لغزش در نواحی روستایی دامنه شمالی کوهستان سهند مربوط به مناطق جنگلی، زمین­های كشــاورزی، خطوط انتقال نیرو و راه­های ارتباطی بوده است. طبق اظهارات میک و همکاران (2016) حتی در صورت عدم وجود صدمات و تلفات جدی ناشی از زمین لغزش، اما می­تواند تأثیرات اقتصادی و اجتماعی مهمی در منطقه وقوع داشته باشد.

**بحث**

**زمین­لغزش همه ساله در اکثر استان­های کشور موجب وارد آوردن خسارت­های اقتصادی به جاده­ها، خطوط راه­آهن، خطوط انتقال نیرو و ارتباطات، کانال­های آبی و آبرسانی، تأسیسات و مراکز صنعتی و مسکونی، سدها و دریاچه­های طبیعی و مصنوعی می­شود و موجب تخریب مراتع و اراضی کشاورزی تسریع فرسایش و انتقال گسترده­­ی رسوبات به پشت سدها می­گردد، نتایج تحقیقات** لوون و فلمیش (2013) این موضوع را مورد بررسی و تایید می­کند. **با توجه به این مسائل به جرأت می­توان گفت که از جمله حساس­ترین و مهمترین مسائل در ­پروژه­های عمده عمرانی همچون انتخاب مسیر احداث بزرگراه ها و جاده­های اصلی و فرعی کوهستانی، انتخاب محل احداث سدهای خاکی و بتونی و کانال­های انتقال آب، احداث تونل­ها و طرح هایی همچون توسعه جنگل­ها و مراتع طبیعی و هرگونه توسعه معدنی، مطالعه پایداری ­دامنه­ها می­باشد.**

در حوضه سیوان، بیشترین وقوع زمین­‌لغزش­‌ها در کاربری­‌های جنگلی اتفاق افتاده است. دلیل این امر به وسعت زیاد اراضی جنگلی و دخالت­‌های بی‌جا و غیراصولی انسان بر می­‌گردد. همچنین خشکیدگی درختان جنگلی (به­ویژه تاج پوشش و تنه درختان که سبب کاهش مقدار و سرعت جریان آب سطحی در دامنه­ها می­شود) به دلیل خشک­سالی­های چند ساله اخیر، مضاعف بر عوامل مؤثر بر وقوع پدیده زمین­لغزش گردیده است. بررسی فاصله از جاده­ها و رودخانه­ها نیز نشان می­‌دهد که بیشتر زمین­‌لغزش­‌های اتفاق افتاده به­ترتیب در فواصل صفر تا 100 و صفر تا 500 متری عوامل مذکور رخ داده است که به‌خوبی همبستگی وقوع زمین­لغزش­ با حریم جاده و آبراهه را نشان می­‌دهد. توسعه فرآیند جاده­سازی به عنوان یکی از عوامل تخریب عرصه­های منابع طبیعی مبحثی مهم به شمار می­آید. با توجه به این­که بسیاری از خسارت­های وقوع لغزش به دلیل عدم رعایت اصول صحیح احداث راه­ها، ساخت و ساز و کانال­های انتقال آب، تغییر مسیر رودخانه و تغییر کاربری زمین بوجود آمده­اند، ارزیابی دقیق مناطق حساس به زمین لغزش برای دستگاه­های اجرایی اهمیت بسیاری دارد. در حوضه مورد پژوهش در خصوص ساخت و سازهای مربوط به مناطق مسکونی (روستای) اصول ایمنی مکانی رعایت شده و تاکنون گزارشی مربوط به تخریب منازل مسکونی ناشی از پدیده زمین­لغزش ارائه نشده است.

بررسی محیطی حوضه نشان می­دهد که کلیه خطوط ارتباطی موصلاتی در معرض خطر زمین لغزش قرار داشته و دارد. با توجه به وسعت مناطق جنگلی، سازندهای حساس به فرسایش حوضه و توسعه راه­سازی، وقوع پدیده لغزش در این مناطق محتمل بوده و در چند سال اخیر لغزش­های جدیدی در این حوضه و به­ویژه در مناطق جنگلی و در مسیر راه­سازی اتفاق افتاده است. اگرچه گزارشی در خصوص خسارت­های زمین­لغزش به مناطق مسکونی در حوضه سیوان ارائه نشده است ولی به دلیل مجاورت برخی روستاها با مناطق لغزشی، امکان توسعه مناطق لغزشی به برخی منازل مسکونی وجود دارد. اراضی زراعی حوضه نیز در امان از خطرات پدیده زمین­لغزش نبوده و هم به صورت اراضی زراعی و هم زیراشکوب (اراضی زراعی در عرصه­های جنگلی) در قسمت­های مختلف حوضه تخریب شده است. به­طور کلی در بررسی پایداری محیطی حوضه مشخص شده که پتانسیل آسیب­پذیری در کل حوضه وجود دارد ولی در مسیر راه­های ارتباطی از شدت و خسارت­های بیشتری برخوردار است.

*نتیجه‌گیری و پیشنهادها*

**بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق در حوض سیوان، تعداد 44 لغزش تعیین گردید. برخی از این لغزش­ها در مسیر راه­های ارتباطی، اراضی زراعی، جنگلی و مناطق مسکونی قرار دارند، که مورد بررسی و اندازه­گیری قرارگرفتند. اما برخی نیز فقط براساس نقشه­های زمین­شناسی و** Goole Earth **مشخص شده و قابل دسترسی و اندازه­گیری میدانی نبوده و یا اصلاً در طبیعت شناسایی نشدند. در واقع از 44 لغزش تعیین شده، تعداد 17 مورد آن قابل اندازه­گیری و بررسی میدانی بود،10 مورد در مناطق کوهستانی و فاقد راه ارتباطی بوده و غیر قابل دسترسی و 12 مورد آن اصلاً در عرصه شناسایی نشدند و 5 مورد به دلیل تغییر کاربری به باغات و تأسیسات تسطیح شده است. بنابر نتایج تحقیق، تعیین مناطق مستعد آسیب­پذیری در اثر پدیده زمین­لغزش در حوضه مورد پژوهش یک ضرورت است تا با تهیه نقشه مناطق لغزشی و کاربری­های کشاورزی، منابع طبیعی و تأسیسات جاده­ای، عملاً امکانی از لحاظ زمانی و برنامه­ریزی، برای مدیران حوزه­های آبخیزداری، کشاورزی و منابع طبیعی و مدیران سیاسی کشور فراهم ­گردد.**

*ملاحظات اخلاقی*

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

**مشارکت نویسندگان**

جمع‌آوری داده‌ها: محمدرضا جعفری؛ تهیه گزارش پژوهش: محمدرضا جعفری و صمد شادفر؛ تحلیل داده‌ها: محمدرضا جعفری ، صمد شادفر **و حمیدرضا پیروان: تهیه نقشه­ها و لایه­های اطلاعاتی: محمدرضا جعفری و شمس­اله عسگری**

**تعارض منافع**

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

**سپاسگزاری**

از داوران محترم به خاطر ارائه نظرهای ساختاری و علمی سپاسگزاری می‌شود.

**منابع**

احمد آبادی، علی و مریم رحمتی (1394). کاربرد شاخص­های کمی ژئومورفومتریک در شناسایی پهنه­های مستعد زمین­لغزش با استفاده از مدل SVM (مطالعه موردی: آزاد راه پل زال خرم­آباد). *پژوهش­های ژئومورفولوژی کمی*، **3**: 213-197.

ابراهیمی، عطرین؛ امیرعلی عباس زاده، فاطمه نورالدین موسی، حمید گنجائیان و زهرا زنگنه تبار. (1393). پتانسیل سنجی مناطق وقوع زمین لغزش در دره لاسم با استفادهاز مدل تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی. *نشریه جغرافیا و پایداری محیط*، دانشگاه رازی، کرمانشاه، **39**: 67-76.

 بهاروند، سیامک (1402). ارزیابی حساسیت زمین لغزش با استفاده از مدل­های نسبت فراوانی و منطق فازی (مطالعه موردی: آزاد راه خرم آباد-اراک). *نشریه علمی جغرافیا و مخاطرات محیطی*. دوره 12، شماره 1 ، صص 103-116.

پورهاشمی، سیما؛ ابوالقاسم امیر احمدی و الهه اکبری (1393). . انتخاب مدل مناسب از بین روش­های آماری دومتغیره جهت پهنه­بندی خطر زمین لغزش در محیط GIS مطالعه موردی: حوزه آبخیز بقیع. *فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، **15**: 89-71.

جعفری، محمدرضا؛ صمد شادفر، حمیدرضا پیروان و شمس اله عسگری (1402). ارزیابی پتانسیل آسیب­پذیری زمین لغزش در حوضه­های منتخب استان ایلام (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گل­گل)*، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی،* پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران

 جعفری، محمدرضا؛ ایاد اعظمی، جعفر حسین­زاده، شمس اله عسگری و ایوب پیرانی (1392). بررسی کارایی مدل EPM در برآورد میزان فرسایش و رسوبدهی در منطقه زاگرس مياني (حوضه سیوان). *گزارش نهایی طرح تحقیقاتی،* پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران

حجازی، اسدالله؛ محمدحسین رضایی مقدم و عدنان ناصری. 1400. پهنه­بندی احتمال وقوع زمین لغزش در پایین­دست سد سنندج. *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، **2**: 55-70.

خلیلی­زاده، مجتبی و مرضیه موغلی (1388). بررسی مدل حائری-سمیعی در پهنه­بندی خطر زمین­لغزش با استفاده از GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز صفی آباد – استان گلستان). *نشریه جغرافیایی طبیعی*، 50:**3**-79.

دلال اوغلی، علی، محمدحسین فتحی و کاظم خوشدل 1396). کاربرد روش های نوین تصمیم گیری چند شاخصه در برآورد پتانسیل سیل خیزی با تاکید بر عوامل ژئومورفیک (مطالعه موردی: حوضه رودخانه آجر لو چای). *نشریه فضای جغرافیایی*، **59**: 67-82.

 [لجم اورک](https://geoeh.um.ac.ir/?_action=article&au=184851&_au=%D9%85%D8%B1%D8%AA%D8%B6%DB%8C++%D9%84%D8%AC%D9%85+%D8%A7%D9%88%D8%B1%DA%A9)، مرتضی؛  و [پیری](https://geoeh.um.ac.ir/?_action=article&au=196464&_au=%D8%B2%D9%87%D8%B1%D8%A7++%D9%BE%DB%8C%D8%B1%DB%8C)، زهرا (1402). [پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و فن GIS (مطالعۀ موردی: شهرستان باغملک)](https://geoeh.um.ac.ir/article_43243_ca40cde27016405efb07b84fdee8d47b.pdf)، *نشریه جغرافیا و مخاطرات محیطی*، 3، 195-215.

سلطاني، محمدجعفر (1381). ارزيابي اراضي به­منظور مكان­يابي عرصه­هاي مستعد پخش سیلاب در محیط GIS. استاد راهنما علی­اکبر آل­شیخ، *پايان­نامه كارشناسي ارشد*، دانشگاه خواجه نصيرالدين طوسي دانشکده عمران. تهران

 شادفر، صمد و محمد جعفر سلطانی (1385). تحلیل و بررسی پتانسیل زمین لغزش با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. *سومین همایش سیستم­های اطلاعات مکانی*، سارمان نقشه برداری کشور، تهران، 173-187.

علیمحمدی، صفیه؛ عباش پاشایی و شعبان شتایی (1386). ارزیابی کارایی مدل­های پهنه­بندی خطر زمین لغزش (روش­های نیلسن اصلاح شده و براب ) در حوزه آبخیز سید کلاته رامیان استان گلستان. [*دهمین کنگره علوم خاک ایران*](https://civilica.com/l/3368/)*، پرديس كشاورزي و منابع طبيعي دانشگاه تهران*، تهران، 165-172.

فیض­نیا، سادات؛ عطااله کلارستاقی؛ حسن احمدی و مهرداد صفایی (1383). بررسی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش ها و پهنه­بندی خطر زمین لغزش (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شیرین رود- سدتجن. *نشریه منابع طبیعی ایران*، **1**: 3-22.

 کریمی، حاجی؛ فتح­اله نادری، بهروز ناصری و علی سلاجقه (1393). مقایسة مدل‌های مختلف برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزة آبخیز زنگوان ایلام. *نشریه مرتع و آبخیزداری*،  [**3**](https://journals.ut.ac.ir/issue_6896_7148_.html): 459-485.

کرمی، فریبا و معصومه رجبی (1388). بررسی خطر زمین لغزش و تحلیل ریسک­پذیری آن در نواحی روستایی، مطالعه موردی، دامنه شمالی توده کوهستان سهند. *نشریه انجمن جغرافیای ایران*، **18**: 141-154.

كاخي، محمدرضا و محمد غفوري (1376). بررسي زمين­لغزه در روستاي درقانلو شهرستان بجنورد. مجموعه مقالات دومين سمينار زمين­لغزه و كاهش خسارت­هاي آن، موسسه بين المللي زلزله­شناسي و مهندسي زلزله، تهران، 39-34.

مصفایي، جمال، امین صالحپورجم، فرامرز سرفراز و صمد شادفر. 1399. پهنه­بندی حسّاسیت زمین­لغزش با استفاده از عملگرهای گامای فازی در آبخیز طالقان رود استا قزوین. *نشریه جغرافیا و پایداری محیط*، **3**: 71-90.

Anbalagan, R., and B. Singh (1996). Landslide hazard and risk assessment mapping of mountainous terrains. *Engineering Geology*, 43:246-237.

Leuven, KU and G. Flemish (2013). Economic valuation of landslide damage in hilly regions: A case study from Flanders, Belgium. *Science of The Total Environment,* 447:336-323*.*

Mike, G . S, P. D. Palmer, C. Harmer and J. Sharpe (2016). The Economic Impact of Landslides and Floods on the Road Network. *Procedia Engineering*, 143:1423-1423..

Perera, E. N. C., D. T. Jayawardana, P. Jayasinghe, R. M. S. Bandara and N. Alahakoon (2018). Direct impacts of landslides on socio-economic systems: a case study from Aranayake, Sri Lanka. *Geoenvironmental Disaster*, 5:1-12 **.**

Paoletti, V., D. Tarallo, F. Matano, A. Rapolla (2013). Level-2 susceptibility zoning on seismicinduced landslides: An application to Sannio and Irpinia areas, Southern Italy. *Physics and Chemistry of the Earth*, 63:147-159.

 [Klose](https://www.researchgate.net/profile/Martin_Klose), M and [Bodo Damm](https://www.researchgate.net/profile/Bodo_Damm) (2015). Landslide Economics: Concepts and Case Studies. Conference: EGU General Assembly.

Sidle, R. C.,H. Ochiai (2006). Landslides: processes, prediction, and land use. *Water Resource Monograph*,. 18:170-187.

Vitoria, F and Blasio (2011). Introduction to the physics of landslides, Springer: Berline. *University. Rome.*

Wang, w., Zhang W., Xia Q (2012). Landslide Risk Zoning Based on Contribution Rate Weight Stack Method. *International Confrence on Future Enrgy*. Environment, and Materials.

1. 1. Vitoria & Blasio [↑](#footnote-ref-1)
2. 2. [↑](#footnote-ref-2)
3. 1. Sidle & Ochiai [↑](#footnote-ref-3)
4. 2. Anbalagan & Singh [↑](#footnote-ref-4)
5. 3. Leuven & Flemish [↑](#footnote-ref-5)
6. 4. Mike et al [↑](#footnote-ref-6)
7. 5. Perera et al [↑](#footnote-ref-7)
8. 6. [Klose](https://www.researchgate.net/profile/Martin_Klose) & Damm [↑](#footnote-ref-8)
9. 1 Integrated Land and Water Information System [↑](#footnote-ref-9)
10. 2 Global Positioning System [↑](#footnote-ref-10)
11. 1. Tilcen [↑](#footnote-ref-11)
12. 2. kopta &Joshi [↑](#footnote-ref-12)
13. 3. Wang et al [↑](#footnote-ref-13)