



پهنه بندی زمین لغزش با استفاده از مدل فرآیند محور SINMAP (مطالعه موردی: محدوده سد بیدواز اسفراین)

زکيه صفرپور^۱، جليل فرزاد مهر^۲، علي گلکاریان^۳، مهدی بشیری^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، تربت حیدریه

Safarpoor123@yahoo.com

۲- استادیار، عضو هیئت علمی دانشگاه تربت حیدریه

۳- استادیار، عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

لغزش یکی از عمده حرکات توده‌ای است که هر ساله موجب خسارات جانی و مالی فراوان در مناطق پرباران کوهستانی و لرزه‌خیز می‌شود. از این رو شناسایی مناطق مستعد خطر برای برنامه ریزی و مدیریت جامع سرزمین امری ضروری می‌باشد. لذا در این پژوهش لغزه‌خیزی حوزه‌ی آبخیز محدوده سد بیدواز با استفاده از مدل SINMAP و GIS بررسی شد. نتایج حاصل از اجرای این مدل نشان داد که این مدل با مدلسازی ۶۶،۳ زمین لغزش‌های مشاهده‌ای از دقت نسبتاً بالایی برخوردار می‌باشد و در صورت وجود اطلاعات دقیق می‌توان به پیش‌بینی‌های دقیق و درستی دست یافت و در مکان‌هایی که احتمال وقوع زمین لغزش زیاد است و دارای ارزش اقتصادی زیادی می‌باشد می‌توان با استفاده از این مدل‌ها مناطق حساس به زمین لغزش را شناسایی نمود.

واژگان کلیدی: پهنه بندی زمین لغزش، مدل SINMAP، GIS، محدوده سد بیدواز

مقدمه:

زمین لغزش عبارت است از حرکت مواد تشکیل دهنده شیب، شامل صخره‌های طبیعی، خاک، انباشته‌های مصنوعی و یا مخلوطی از آنها که توسط نیروی ثقل به سمت پایین جابه‌جا می‌شوند. زمین لغزش پدیده‌ای است که تحت عنوان حرکت سریع توده‌ها بر اثر نیروی ثقل، عارض می‌شود (وارنر^۱، ۱۹۸۴). برای پهنه بندی پتانسیل خطر نسبی ناپایداری دامنه‌ها و وقوع زمین لغزش‌ها ده‌ها مدل عددی با عوامل، وزن، نرخ، منطق محاسباتی و مقیاس متفاوت ابداع و در شرایط متنوع بر اساس شواهد زمینی واسنجی شده‌اند (اونق، ۲۰۰۴). در ارتباط با مدل‌های فیزیکی در دنیا سگونی^۲ و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیق خود بیان داشتند که بسیاری از مطالعات قبلی مدل‌های فرآیند محور، بدون در نظر گرفتن عدم قطعیت در پارامترهای ورودی به تجزیه و تحلیل و برآورد ناپایداری بالقوه یا نسبی دامنه برای مناطق وسیع پرداختند. هو^۳ و همکاران (۲۰۱۲)، در مقاله‌ای بیان داشتند که روش‌های آماری فقط روابط بین وقوع زمین لغزش و عوامل مرتبط با آن را در نظر می‌گیرند، اما مکانیزم شکست را لحاظ نمی‌کنند، در مقابل روش‌های پایه فیزیکی، شرایط مکانیکی دامنه و پایداری آن را با استفاده از محاسبات ریاضی برآورد و تجزیه و تحلیل می‌کنند. معماریان و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی

¹ vames

² Segoni

³ Ho



تحلیل پایداری شیب در حوزه لانگات^۱ مالزی از مدل SINMAP استفاده نموده و لایه شاخص پایداری و شاخص اشباع خاک را به عنوان دو متغیر تاثیرگذار بر شبیه سازی کاربری اراضی وارد مدل زنجیره مارکوف کرده اند. پارک^۲ و همکاران (۲۰۱۳)، در تحقیقی تحت عنوان ارزیابی زمین لغزش های ناشی از بارندگی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی مبتنی بر رویکرد احتمالاتی، به این نتیجه رسیدند که عملکرد مدل های قطعی بهتر از مدل های آماری بوده است، علاوه بر این، نتایج نشان داد که در نظر گرفتن و شناخت عدم قطعیت نقش مهمی در دقت پیش بینی زمین لغزش ها ایفا می کند. صفایی و همکاران (۲۰۱۳) زمین لغزشهای رخ داده محدوده جاده ساری - کیاسر واقع در جنوب استان مازندران را با استفاده از مدل پایه فیزیکی SHALSTAB مورد بررسی قرار دادند و نقشه پایداری دامنه این محدوده را بوسیله این مدل تعیین کردند. نتایج نشان داد که برای کل لغزش های بوقوع پیوسته ۷۳/۴٪ از درصد لغزش های واقعی در منطقه ناپایدار شبیه سازی شد که گویای کاربرد موفق این مدل می باشد. در ایران نیز متولی، (۱۳۹۲)، زمین لغزشهای رخ داده محدوده جاده ساری - کیاسر واقع در جنوب شهرستان ساری را با استفاده از دو مدل پایه فیزیکی SHALSTAB و SINMAP مورد بررسی قرار داد و نقشه پایداری دامنه این محدوده را بوسیله این دو مدل تعیین نمود. با توجه به آنچه در زمینه عملکرد مناسب مدل مطالعاتی ذکر گردید، هدف اصلی این پژوهش پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش بر اساس مدل SINMAP و بررسی دقت مدل مذکور در تعیین مناطق حساس به زمین لغزش می باشد.

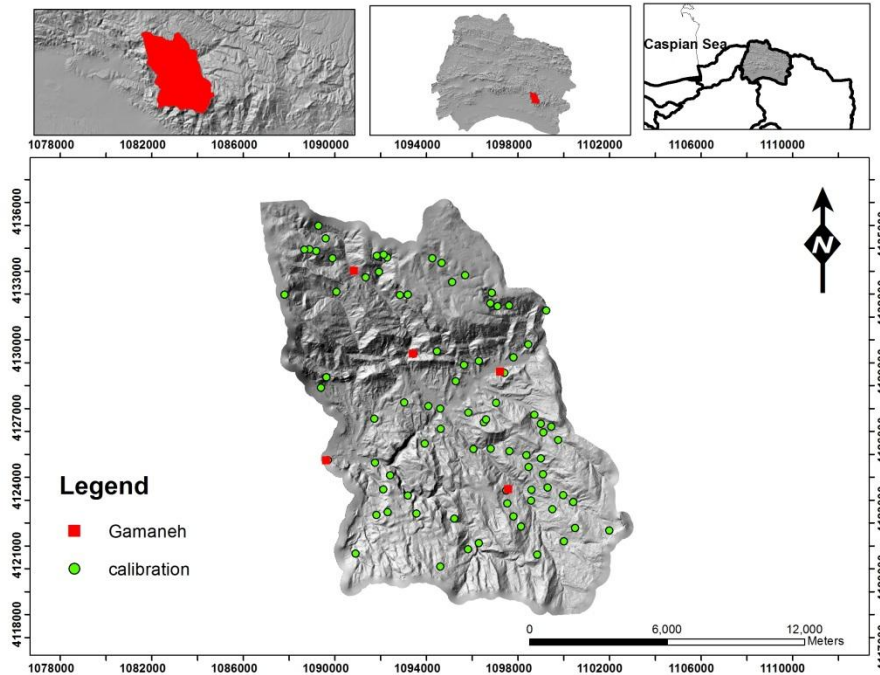
مواد و روش ها:

۱- معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با مساحت ۱۶۱ کیلومتر مربع، در مختصات جغرافیائی $30^{\circ}57'$ تا $56^{\circ}57'$ طول شرقی و 37° تا $37^{\circ}15'$ عرض شمالی در استان خراسان شمالی از قسمت شمال شهرستان اسفراین از حاشیه شروع و بسمت ارتفاعات شرقی منطقه بر روی زون ساختاری بینالود واقع گردیده که در نتیجه تحولات زمین ساختی واقع در آن، انواع واحدهای سنگی و رسوبی دوران دوم (شامل مارن و آهک مارنی، آهک دولومیتی) و دوران سوم (سازندهای شیلی) بر روی آن گسترش یافته اند. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه و زمین لغزش های رخ داده در آن را نمایش می دهد.

¹ langat

² Park



شکل ۱: موقعیت حوزه آبخیز سد بیدواز در استان خراسان شمالی

معرفی روش تحقیق

اصول نظری SINMAP ترکیبی از مدل عددی نامحدود پایداری شیب و رطوبت (فشار منفذی آب در داخل خاک) بدست آمده از توپوگرافی بر اساس مدل های هیدرولوژیک و در شرایط ماندگار می باشد. در این مدل از روشهای خاصی جهت استخراج داده های مورد نیاز (شیب و سطح ویژه حوزه بالادست) از مدل رقومی ارتفاع، استفاده می شود. در این مدل همچنین عدم قطعیتی برای پارامترهای مدنظر بین حدود از قبل تعریف شده توسط کاربر تغییر کرده و دارای توزیع یکنواختی می باشد. بر اساس داده های زمین شناسی، پوشش گیاهی یا خاک نیز می توان حدود تعریف شده قبلی را برای مناطق جغرافیایی مختلف در حوزه، واسنجی نمود. همچنین با دیدن و بررسی زمین لغزش های مشاهده ای حوزه بر روی صفحه نمایشگر، عمل واسنجی را بصورت بصری به انجام رساند. به طوریکه محدوده های دارای شاخص پایداری پایین، حداکثر تعداد زمین لغزش های مشاهده ای را در بر می گیرند. (مونت گومری^۱ و همکاران و هاموند^۲ و همکاران، ۱۹۹۲، ۱۹۹۴). این روش به مدل سازی ضریب اطمینان پرداخته که این ضریب به صورت نسبت نیروهای پایدارساز به نیروهای ناپایدارکننده شیب تعریف می شود:

$$F = \frac{C + \cos\theta \left[1 - \min\left(\frac{R}{T} \frac{a}{\sin\theta}, 1\right) \cdot r \right] \tan\phi}{\sin\theta}$$

که در این رابطه: C چسبندگی موثر خاک (بدون بعد)، ϕ زاویه اصطحاک داخلی خاک (درجه)، R بارندگی موثر (بارندگی که مستقیماً به خاک رسیده و نفوذ می کند) (mm/h)، T ضریب انتقال دهندگی آب در خاک (m²/h)، r، نسبت وزن مخصوص آب به وزن مخصوص اشباع خاک و a سطح بالادست دامنه (m²)، که به همراه θ به ترتیب از نقشه توپوگرافی و نقشه رقومی ارتفاعی بدست می آیند. (پک^۳ و همکاران، ۱۹۹۸). مدل SINMAP برای محاسبه توپوگرافی،

¹ Montgomery

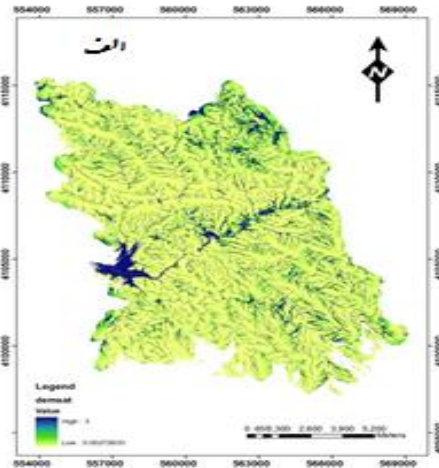
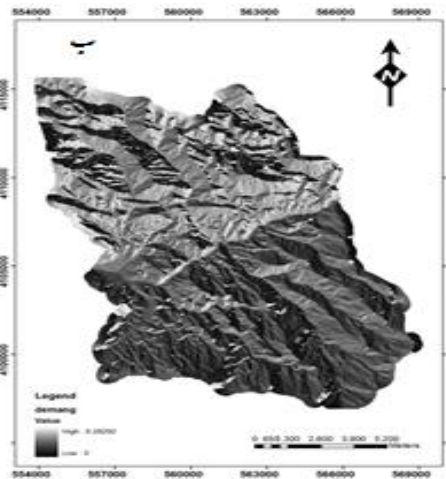
² Hammond

³ Pack

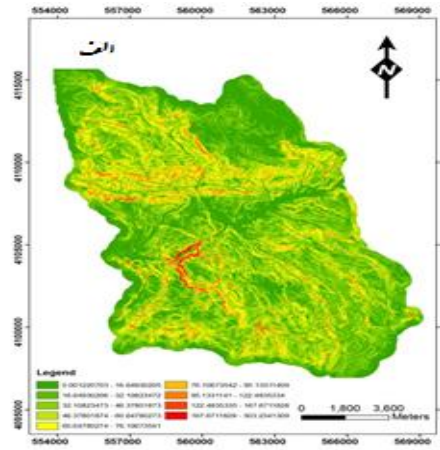
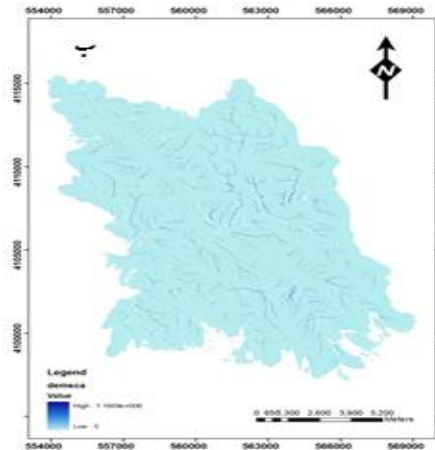
نیاز به داده های رقومی ارتفاعی دارد. در این مطالعه از نقشه خطوط تراز رقومی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ استفاده گردید. نقشه شیب (شکل ۳ الف)، سطح ویژه (شکل ۳ ب)، شاخص رطوبت توپوگرافی (شکل ۳ ج) و مسیر جریان (شکل ۳ د) از نقشه Dem از طریق نرم افزار Arc GIS آماده گردید (دیتریخ و مونتگومری، ۱۹۹۸؛ پک و همکاران، ۲۰۰۱). متغیرها برای مدل SINMAP در این مطالعه از قبیل چسبندگی موثر خاک (C')، زاویه اصطکاک داخلی موثر خاک (ϕ)، وزن مخصوص خاک مرطوب (ρ_s) و عمق خاک می باشد (Z). با هدف بررسی دقیق وضعیت لایه های خاک در نواحی مورد مطالعه تعداد ۵ گمانه در محدوده سد بیدواز حفاری و نتایج آن گردآوری و پس از تجزیه و تحلیل، وارد مدل گردید (جدول ۱). سپس لغزش های رخ داده در محدوده سد انتخاب شد که شامل ۸۳ نقطه لغزشی است که در منطقه شناسایی و برای مدلسازی استفاده گردید.

جدول ۱: مشخصات گمانه های حفر شده در محدوده سد بیدواز

| ردیف | گمانه | ϕ زاویه اصطکاک داخلی خاک (درجه) | چسبندگی خاک c (kg/cm^2) | وزن مخصوص خاک مرطوب ρ_s (gr/cm^3) |
|------|-------|--------------------------------------|-------------------------------|--|
| ۱ | BH | ۱۸ | ۰/۵ | ۱/۹ |
| ۲ | BH | ۳۴ | ۰/۱۵ | ۲/۱ |
| ۳ | BH | ۱۳ | ۰/۴۷ | ۱/۹۱ |
| ۴ | BH | ۱۹ | ۰/۶۵ | ۱/۹۸ |
| ۵ | BH | ۳۳ | ۰ | ۲/۰۴ |



شکل ۲: لایه های مورد نیاز مدل SINMAP: الف: لایه سطح مشارکت ب: لایه مسیر جریان

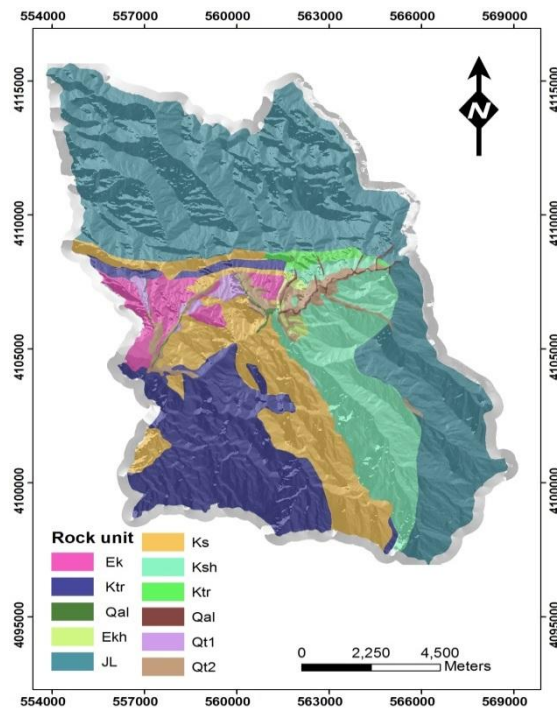


شکل ۳: لایه های مورد نیاز مدل SINMAP: الف: لایه درصد شیب ب: لایه شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI)

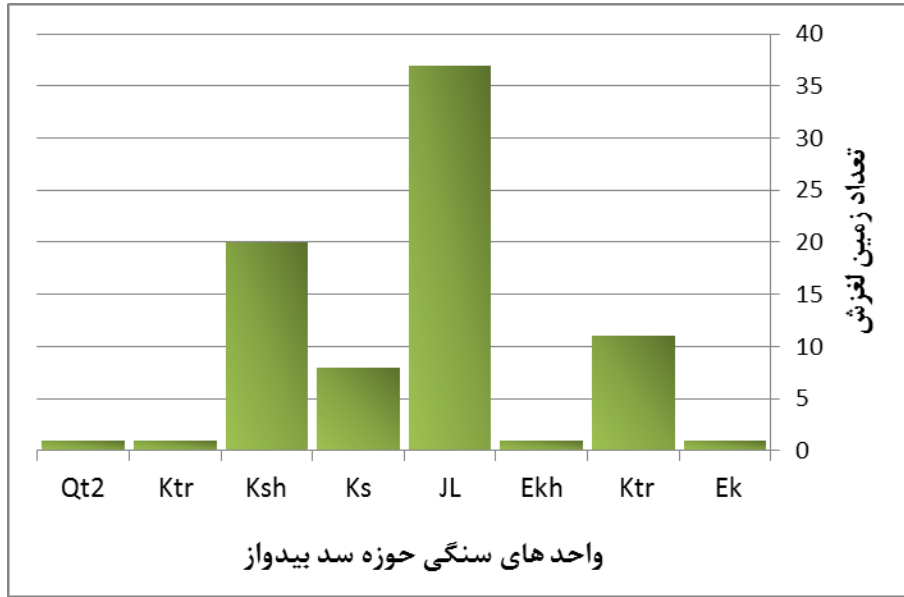
بحث و نتیجه گیری

بعد از تجزیه و تحلیل اطلاعات مربوط به منطقه مطالعاتی بوسیله مدل پایداری دامنه و سیستم اطلاعات جغرافیایی نتایج دست آمده از پژوهش در ادامه تشریح گردیده‌اند:

با توجه به شکل ۴ و ۵، واحد زمین شناسی **JL** شامل آهک و آهک دولومیت با میان لایه های مارنی (سازند لار) با ۳۷ مورد لغزش از مجموع ۸۳ مورد، بیشترین حساسیت را داشته و پس از آن واحد سنگی **Ksh** شامل ماسه سنگ قرمز- ماسه سنگ کنگلومراتیک و مارن (سازند شوریچه) با ۲۰ مورد لغزش و پس از آن واحد سنگی **Ktr** شامل آهک اوربیتیولین دار (سازند تیرکان) با ۱۱ مورد لغزش در رده های بعدی حساسیت پذیری نسبت به زمین لغزش قرار گرفتند



شکل ۴: نقشه واحدهای سنگی محدوده سد بیدواز

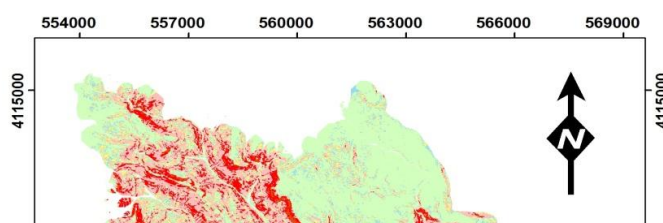


شکل ۵: توزیع فراوانی زمین لغزش ها در واحد های سنگی

با توجه به جدول ۲ و شکل ۷، مقدار ۲۳/۷ درصد از محدوده سد بیدواز در پهنه های پایدار مدلسازی گردید که ۱۲ درصد زمین لغزش های مشاهداتی در این زون واقع شده اند. ۱۷ درصد از منطقه مطالعاتی در زون های پایداری متوسط و شبه پایدار قرار گرفتند که مجموعاً ۲۱/۷ درصد از زمین لغزش های مشاهداتی در این پهنه قرار گرفتند. ۵۹/۱ درصد از منطقه در زون های حد بالا و پایین ناپایداری و حفاظتی پیش بینی گردیدند که ۶۶/۳ درصد زمین لغزش های مشاهداتی در این زون مدلسازی شدند که گویای کاربرد موفقیت آمیز مدل SINMAP در پهنه بندی پتانسیل خطر محدوده سد بیدواز می باشد.

جدول ۲: نتایج آماری حاصل از مدل SINMAP

| مجموع | حفاظتی | حد بالای ناپایداری | حد پایین ناپایداری | شبه پایدار | پایداری متوسط | پایدار | منطقه |
|-------|--------|--------------------|--------------------|------------|---------------|--------|--------------------------|
| ۱۶۱ | ۶/۲ | ۲۶/۹ | ۶۲/۱ | ۱۶/۶ | ۱۱ | ۳۸/۱ | (km ²) مساحت |
| ۱۰۰ | ۳/۸ | ۱۶/۷ | ۳۸/۶ | ۱۰/۳ | ۶/۸ | ۲۳/۷ | درصد منطقه |
| ۸۳ | ۲ | ۱۹ | ۳۴ | ۱۳ | ۵ | ۱۰ | تعداد لغزش |
| ۱۰۰ | ۲/۴ | ۲۲/۹ | ۴۱ | ۱۵/۷ | ۶ | ۱۲ | درصد لغزش |

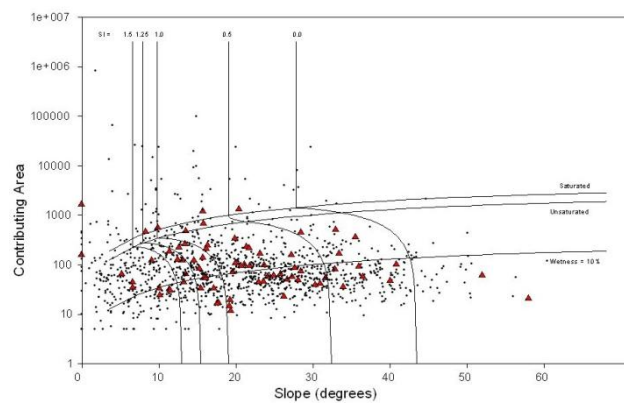




اولین کنفرانس ملی جغرافیا، گردشگری، منابع طبیعی و توسعه پایدار

The 1st National Conference on Geography, tourism, natural resources and sustainable development

شکل ۶: نقشه پایداری دامنه حاصل از مدل SINMAP



شکل ۷: پلات شیب - سطح حاصل از خروجی مدل SINMAP

برای اجرای تمام مدل‌های فرآیندمحور نیاز به پارامترهای زیادی می‌باشد که برای به دست آوردن این پارامترها به زمان و هزینه زیادی نیاز است. نتایج حاصل از اجرای این مدل نشان داد که این مدل با مدلسازی ۶۶/۳ زمین لغزش‌های مشاهداتی از دقت نسبتاً بالایی برخوردار می‌باشند که در صورت وجود اطلاعات دقیق می‌توان به پیش‌بینی‌های دقیق و



درستی دست یافت که در مکان‌هایی که احتمال وقوع زمین لغزش زیاد است و دارای ارزش اقتصادی زیادی می‌باشد می‌توان با استفاده از این مدل‌ها مناطق حساس به زمین لغزش را پیش‌بینی نمود. در پایان پیشنهاد می‌گردد انتخاب مسیر راه‌های ارتباطی با توجه به نقشه پهنه بندی خطر وقوع لغزش به خاطر کاهش هزینه‌ها و جلوگیری از رسوب‌زایی این مناطق به کمک مدل SINMAP تهیه گردد و در صورت عبور راه از مناطق حساس به لغزش از این روش برای شناسایی ناپایداری دامنه‌ای استفاده گردد.

منابع:

- ۱- متولی، ع.، بررسی عوامل مختلف در وقوع زمین لغزش‌های حاشیه جاده با استفاده از مدل‌های فرآیند-محور (مطالعه موردی: محور ساری-کیاسر)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و کوبرشناسی، دانشگاه یزد، ۱۳۹۲.
- 2- Hammond, C., D. Hall, S. Miller and P. Swetik, (1992), "Level I Stability Analysis (LISA) Documentation for Version 2.0," General Technical Report INT-285, USDA Forest Service Intermountain Research Station.
- 3- Ho, J.Y., Lee, K.T., Chang, T.C., Wang, Z.Y., Liao, Y.H., 2012. Influence of spatial distribution of soil thickness on shallow landslide prediction. *Engineering Geology* 124, 38–46
- 4- Memarian, H., Balasundram, S.K., Talib, J.B., Sung, C.T.B., Sood, A.M., Abbaspour, K., 2012. Validation of CA-Markov for Simulation of Land Use and Cover Change in the Langat Basin, Malaysia. *Journal of Geographic Information System* 4, 448-444.
- 5- Montgomery, D. R. and W. E. Dietrich, (1994), "A Physically Based Model for the Topographic Control on Shallow Landsliding," *Water Resources Research*, 30(4): 1153-1171.
- 6- Ownegh, M. (2004): Assessing the applicability of the Australian landslide database in hazard management, proceeding of ISCO, 2004, Brisbane, 4 to 8 July. Australia, pp 1001-1006.
- 7- Pack, R.T., Tarboton, D. G. Goodwin, C.N., 1998. The SINMAP Approach to Terrain Stability Mapping, Congress of the International Association of Engineering Geology, Vancouver, British Columbia, Canada 21-25 September.
- 8- Park, H., Lee, J. H., Woo, I. 2013. Assessment of rainfall-induced shallow landslide susceptibility using a GIS-based probabilistic approach. *Engineering Geology* 161. 1–15.
- 9- Safaei, M., Omar, H., Yousof, Z. M., Motevalli, A., 2013. Application of a Physically Based Model for Terrain Stability Mapping in Northern Iran. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 18 Bund. L.
- 10- Segoni, S., Rossi, G., Catani, F., 2012. Improving basin scale shallow modelling using reliable soil thickness maps. *Natural Hazards* 61, 85–101.
- 11- Varnes, D. J., 1984. *Landslide hazard zonation: A review of Principles and Practice*, UNESCO, France, 63p.