

کلمات کلیدی: زمین لغزش، SINMAP، حوزه سد ایلام، پهنه بندی.

مقدمه

امروزه مطالعه علمی و جامع پدیده زمین لغزش در دنیا به دلایل تحمیل خسارات مالی و جانی وارده بر اجتماعات انسانی، یکی از مسایل مهم محسوب می گردد. رسیدن به نتایج مطلوب از لحاظ ایمنی و اقتصادی در پروژه های عمرانی، مانند انتخاب مسیر، احداث بزرگراه ها و راه های اصلی و فرعی کوهستانی و طرح های توسعه جنگل ها و مراتع طبیعی در گرو مطالعه و توجه به پایداری شیب های طبیعی منطقه است. عدم توجه به این مسأله خسارات جبران ناپذیر جانی و مالی، تخریب اراضی و رسوبزایی حوزه را می تواند به دنبال داشته باشد. شناسایی مناطق مستعد زمین لغزش از طریق پهنه بندی با استفاده از مدل های یکی از اقدامات مؤثر و ضروری در مدیریت مناطق جنگلی و به ویژه در طراحی مسیرهای جدید جاده های جنگلی جهت کاهش هزینه ساخت و نگهداری جاده ها می باشد. در پیشنهاد مدل ها و راهکارهای مناسب برای ارزیابی خطر لغزش زمین تلاش های بسیاری توسط پژوهشگران مختلف در دنیا و کشور ما انجام شده است. امروزه برای پیش بینی زمین لغزش ها از روش های مختلفی از جمله روش های آماری، روش های توصیفی و روش های فرآیند محور استفاده می شود. شایان ذکر است که در ایران بیشتر مطالعات صورت گرفته بر اساس روش های آماری و توصیفی است که چند نمونه از آنها مانند تاجیک و همکاران [۱۲]، بیاتی خطیبی و کرمی [۱]، مرشدی و مقیمی [۸] در این مقدمه مورد بررسی قرار گرفته است.

راهبرد مطالعه زمین لغزش شامل شناخت فرآیند، تجزیه و تحلیل خطر و پیش بینی خطر زمین لغزش در آینده برای کاهش پیشرفت و خسارت ناشی از آن می باشد. سابقه مطالعات و پژوهش در مورد مدل سازی و پهنه بندی خطر وقوع حرکت های توده ای و به ویژه زمین لغزش ها در کشورهای توسعه یافته به دهه ۶۰ میلادی باز می گردد. با وجود سابقه طولانی این عرصه از پژوهش در کشورهای توسعه یافته، در کشور ما کارهای انجام شده در این زمینه، تا حدودی جوان بوده و شروع جدی آنها به طور عمده به اوایل دهه ۱۳۷۰ باز می گردد [۴]. پس از رویداد زمین لرزه خرداد ماه ۱۳۶۹ منجیل و وقوع تعداد بیشماری زمین لغزش در پی آن که منجر به خسارات جانی و مالی فراوان گشت، شناخت مناطق حساس به خطر زمین لغزش در اولویت قرار گرفت.

تاجیک و همکاران [۱۲]، روش نوینی جهت پهنه بندی مناطقی شبیه

بررسی کارایی مدل SINMAP

در پهنه بندی خطر زمین لغزش (مطالعه موردی حوزه آبخیز سد ایلام)

علی طالبی^۱ مریم ایزد دوست^۲

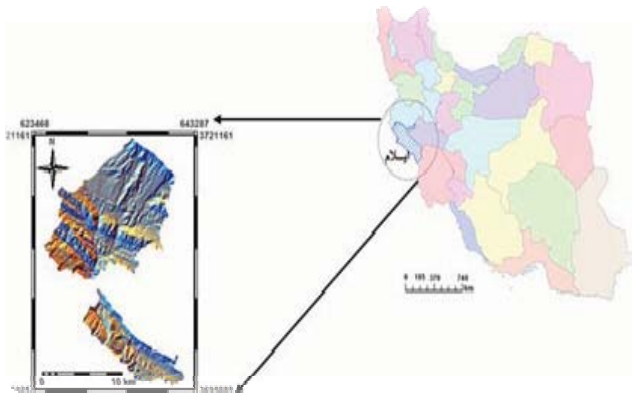
تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۶/۳۰

چکیده

ایران با توجه به ویژگی های زمین ریخت شناسی، زمین شناسی و آب و هوایی از جمله کشورهایی می باشد که در اثر وقوع زمین لغزش ها هر ساله متحمل خسارات سنگین می گردد. با توجه به اینکه بسیاری از خسارات ناشی از زمین لغزش به دلیل عدم رعایت اصول صحیح در گسترش مناطق مسکونی، ساخت سدها، احداث راه ها و تأسیسات و غیره بوجود آمده اند، لزوم شناخت مناطق حساس به زمین لغزش از اهمیت بسیاری برخوردار است. در این مطالعه با استفاده از مدل SINMAP، نقشه خطر زمین لغزش در حوزه سد ایلام تهیه گردیده است. در این حوزه هر ساله حجم زیادی از رسوبات وارد رودخانه اصلی و سپس وارد دریاچه سد می گردد. جهت انجام پژوهش ابتدا ده دامنه به طور تصادفی (شامل دامنه های لغزشی و پایدار) انتخاب گردیدند. سپس پارامترهای فیزیکی و مکانیکی خاک (شامل بافت خاک، هدایت هیدرولیکی، زاویه اصطکاک داخلی خاک، چسبندگی خاک) محاسبه گردید. نتایج حاصل از اجرای مدل SINMAP در دامنه های مذکور، نشان می دهد که مدل SINMAP از دقت بالایی در پیش بینی خطر زمین لغزش در حوزه سد ایلام برخوردار است. بر اساس نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل SINMAP در حوزه سد ایلام، ۶۵ درصد منطقه در کلاس پایدار قرار گرفته است. دو کلاس پایداری «متوسط» و «شبه پایدار» نیز هر کدام ۱۰ درصد از سطح منطقه را به خود اختصاص داده اند و «کلاس های احتمال ناپایداری کمتر از ۵۰٪» تا «ناپایدار» نیز در مجموع ۱۵ درصد از سطح حوزه سد ایلام را شامل می شوند.

۱- استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد (نویسنده مسئول)
talebisf@yazduni.ac.ir

۲- کارشناس ارشد آبخیزداری ezaddoust_m@yahoo.com



شکل ۱- موقعیت کشوری و استانی منطقه مورد مطالعه

سال‌های گذشته می‌باشند. لگورتا^۱ و همکاران [۵] اثر اندازه پیکسل را روی دقت مدل SINMAP بررسی کردند و نتیجه گرفتند با پیکسل‌های به ابعاد ۳۰ متر نیز مدل نتایج خوبی ارائه می‌دهد. هدف از این پژوهش، استفاده از روش فرآیند پایه از جمله مدل SINMAP برای پیش‌بینی زمین‌لغزش‌ها می‌باشد، تا در ایران راهی برای استفاده از مدل‌های فرآیند محور توسط کارشناسان فراهم شود.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، یک حوزه کوهستانی به نام حوزه سد ایلام، واقع در جنوب شرقی استان ایلام است. مساحت این حوزه ۱۸۳۶۰ هکتار می‌باشد که از لحاظ موقعیت جغرافیایی، بین طول‌های شمالی ۴۲° ۲۳' ۳۳" تا ۲° ۳۷' ۳۳" و عرض‌های شرقی ۱۷° ۲۰' ۴۶" تا ۱۷° ۳۱' ۵۶" و شیب متوسط وزنی ۳۰/۴ درصد واقع گردیده است و از نظر پوشش گیاهی، مراتع حوزه مطالعاتی سطحی معادل با حدود ۱۱۴۷۲ هکتار را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۱).

حوزه مورد مطالعه از شمال به ارتفاعات آبی شلم و کوه چقاجنگه، از شمال غرب به ارتفاعات سورگه و شهرک سرطاف، از غرب به ارتفاعات گچان، روستای ماربره، کوه بهارآب، کوه کرزه وره و رودخانه کنجان، از جنوب غرب به کوه انجیر و روستای انجیر، از جنوب به روستای کلوند و جاده آسفالت متصل‌کننده حوزه به شهر قلعه‌جوق و ارکواز ملکشاهی، از جنوب شرق به ارتفاعات نثیره، نقاره کوت و از شرق به رودخانه گلان گل‌گل، کوه‌کنی، کوه کرده و ارتفاعات که انجیر محدود می‌گردد. این حوزه از شمال با حوزه رودخانه چرداول، از شرق با حوزه رودخانه سیمره، از جنوب با حوزه رودخانه‌های گاوی-چنگوله و از غرب با حوزه رودخانه چم سرخ و گدار مجاور می‌باشد. مهمترین آبراهه‌های موجود در حوزه مورد مطالعه رودخانه هرقتگه، رودخانه چاویز و رودخانه چم‌گردلان می‌باشند. خروجی حوزه نیز با پیوستن رودخانه‌های چم‌گردلان،

استان قم ارائه کرده‌اند. در روش پیشنهادی با استفاده از قضاوت کارشناسی نقشه استعداد زمین لغزش به عنوان نماینده عوامل مستعدکننده تهیه می‌گردد، سپس نقشه‌های عوامل محرک، وزن دهی و جهت تفکیک بخش‌های منطقه از نظر خطر زمین لغزش بر روی نقشه استعداد انداخته می‌شود. بیاتی خطیبی و کرمی [۱]، برای ترسیم نقشه پهنه‌بندی از روش آماری معادله همبستگی چند متغیره، از هشت متغیر (شیب، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، فاصله از روستا یا شهر، واحدهای سنگ‌شناسی، کاربری زمین، بارش) استفاده کردند و عوامل سنگ‌شناسی، بارش، شیب و کاربری زمین، مهمترین عوامل موثر در وقوع حرکات توده‌ای منطقه مورد مطالعه بودند. آنها به این نتیجه رسیدند که در حدود ۳۶ درصد منطقه مطالعاتی از نظر استعداد وقوع زمین لغزش، در محدوده خطر متوسط تا بسیار شدید قرار دارند. آنها پیشنهاد کردند با شناسایی مناطق حساس و مستعد وقوع زمین لغزش حوزه آبریز اوجان چای، در برنامه‌ریزی‌ها و مدیریت کاربری اراضی، حتی‌الامکان از اجرای برنامه‌های عمرانی و توسعه در مناطق مستعد به زمین لغزش اجتناب شود. مرشدی و مقیمی [۸]، برای بررسی لغزش‌ها از روش‌های میدانی، کتابخانه‌ای و سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده نموده و مشخص شد که در ۱۰۰ متری جاده‌های اصلی بیشترین رخداد لغزش‌ها انجام گرفته است و شیب ۱۵-۱۰ درجه بیشترین رخداد لغزش را دارد. ویور^۱ و همکاران [۱۳] با استفاده از مدل SINMAP^۲ به بررسی زمین‌لغزش‌ها در منطقه مرتفع فلات لسی در شرق لهستان پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که در این مدل می‌توان از مقادیر عددی غیر دقیق استفاده کرد و محدوده‌ای از داده‌ها را تعریف نمود. آنها همچنین دریافتند این مدل می‌تواند برای برنامه‌ریزی و مدیریت جنگل‌ها، مهندسی جنگل و دیگر خطرات زمین مورد استفاده قرار گیرد. زایتچیک^۳ و همکاران [۱۴] با استفاده از مدل SINMAP به بررسی زمین‌لغزش ناشی از توفان میچ پرداختند. آنها نشان دادند که دو عامل تنوع پارامترها و مقیاس بسیار مهم هستند و باید در یک مدل پایداری شیب مورد ملاحظه قرار گیرند. ناکا^۴ و همکاران [۹] با استفاده از مدل پایداری زمین SINMAP در امتداد بزرگراهی در شمال اردن به بررسی زمین‌لغزش پرداختند. در نهایت به این نتیجه رسیدند که مناطق ناپایدار ۷۹٪ از مساحت کل ناحیه را به خود اختصاص داده‌اند. فاووز^۵ و همکاران [۲] در پژوهشی تحت عنوان مدل‌سازی مکانی زمین‌لغزش‌های ناشی از باران در جنوب فیلیپین با استفاده از مدل SINMAP به تعیین مناطق مستعد زمین‌لغزش حاصل از بارش باران پرداختند. آنها نتیجه گرفتند که با استفاده از این مدل ۴۷٪ از منطقه مورد مطالعه به عنوان مناطق ناپایدار و شبه پایدار در نظر گرفته شدند که تحت تأثیر وقایع بارش شدید در

- 1- Wawer
- 2- Stability Index Maing
- 3 - Zaitchik
- 4 -Naqa
- 5-Fowze

6-Legorta

شایان ذکر است در رابطه ۴ منظور از min کمینه اعداد داخل کروه می باشد و به این معنی است که شاخص رطوبت همیشه کمتر یا برابر یک است.

از ویژگی های بارز مدل نرم افزاری SINMAP این است که محاسبات بر پایه یک شبکه سلولی انجام می گیرد و صحت اطلاعات خروجی بستگی به صحت اطلاعات موجود در مدل رقومی ارتفاع (DEM) دارد [۵]. با توجه به فاکتور پایداری (Fs) و جدول (۱) می توان پایداری و یا عدم پایداری دامنه ها را پیش بینی کرد [۶].

در این پژوهش از ترکیب نرم افزار ArcGIS و SINMAP جهت پیش بینی خطر زمین لغزش استفاده گردیده است. ورودی اصلی، مدل رقومی ارتفاع می باشد که در این مطالعه از مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر استفاده شد. سپس با تعیین پارامترهایی از قبیل R/T، چسبندگی خاک و زاویه اصطکاک داخلی برای مرز بالادست و پایین دست منطقه مورد مطالعه و همچنین تراکم خاک برای کل حوزه، مدل رقومی ارتفاع پردازش گردید و نقشه هایی از قبیل مدل رقومی ارتفاع تصحیح شده، شیب، جهت جریان، سطح ویژه حوزه آبخیز، اشباع خاک و در نهایت نقشه شاخص پایداری حاصل شد. پارامتر R/T ارزش مربوط به نسبت انتقال به برداشت موثر است که برای مرز پایین دست و بالادست با توجه به پارامترهای R و T برابر با ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ متر می باشد. نسبت T/R در معادله ۴ دارای بعد [m⁻¹] می باشد که رطوبت نسبی را با در نظر گرفتن نسبت تغذیه مجدد سفره در شرایط ماندگار به ظرفیت زهکشی جانبی خاک، محاسبه می نماید. در واقع R، تغذیه موثر برای یک دوره بحرانی از هوای مرطوب است که با احتمال می تواند منجر به شروع فرآیند زمین لغزش گردد.

چسبندگی بی بعد نیز ارزش مربوط به چسبندگی خاک و ریشه است که حد پایین و بالای آن با توجه به داده های مکانیک خاک به ترتیب ۰ و ۰/۲۵ در نظر گرفته شده است. مقادیر پیش فرض زاویه اصطکاک داخلی نیز برای مرز پایین دست و بالادست به ترتیب ۳۰° و ۴۵° می باشد. همچنین مقدار پیش فرض تراکم خاک، با توجه به تخلخل خاک (داده های آزمایشگاه مکانیک خاک) ۱۰٪ در نظر گرفته شده است. این ارزش نمایانگر مرز رطوبتی بین مناطق با رطوبت کم و مناطق متمایل به مرطوب می باشد. جهت ارزیابی دقت

جدول ۱- تعریف کلاس پایداری مدل SINMAP [۱۰]

کلاس	شرایط	حالت پیش بینی شده
۱	1/Fs > 5	منطقه پایدار
۲	1/5 > Fs > 1/25	منطقه با پایداری متوسط
۳	1/25 > Fs > 1	منطقه شبه پایدار
۴	1 > Fs > 0.5	منطقه پایین تر از سطح آستانه
۵	0.5 > Fs > 0	منطقه بالاتر از سطح آستانه
۶	Fs < 0	منطقه حفاظت شده

گلان گل گل وکنجان ورودی سدچم گردلان که تأمین کننده آب شهر ایلام می باشد تشکیل می گردد. مهمترین مناطق مسکونی موجود در منطقه شامل اما، شهرک مهر، چاویز، شال کبود لیل، چنگیله و چشمه کبود می باشد.

مدل SINMAP

این مدل براساس مدل پایداری شیب نامحدود^۱ پایه گذاری شده [۳، ۷، ۱۱] که مولفه های ناپایدارکننده (نیروی ثقل) و پایدارکننده (نیروی اصطکاک و چسبندگی خاک) شیب را بر روی یک سطح شکست^۲ موازی سطح زمین و البته با چشم پوشی از اثر مرزی پایین دست شیب موازنه و شبیه سازی می نماید. این روش، شرایطی را جهت کنترل زمین لغزش انتقالی سطحی (تا ۳ متر) توسط همگرایی جریان آب زیر زمینی کم عمق فراهم می آورد. بر طبق رابطه (۱) فاکتور پایداری (Fs) تعریف می شود که تمام محاسبات بر اساس آن می باشد: [۱۰]

$$FS = \frac{C + \cos \theta [1 - W.r] \tan \phi}{\sin \theta} \quad (1)$$

که در این رابطه:

C = چسبندگی (m²/N) می باشد که با توجه به رابطه ۲ محاسبه می شود:

$$(ps.g.h) / (Cs + Cr) = C \quad (2)$$

Cr = چسبندگی خاک ناشی از ریشه (m²/N) و Cs = چسبندگی خاک (m²/N)، Θ = زاویه شیب (°)، ϕ زاویه اصطکاک داخلی خاک، ps = وزن مخصوص اشباع خاک (m²/kg)، g = شتاب ثقل (۹.۸۱ m/s²) و h = ضخامت خاک (m) می باشد که از رابطه ۳ محاسبه می گردد:

$$h = d \cdot \cos \Theta \quad (3)$$

که در آن d عمق خاک (m) در راستای عمود بر دامنه می باشد. W = شاخص رطوبت نسبی است که از رابطه ۴ به دست می آید:

$$W = \min\left[\frac{R.a}{T \cdot \sin \theta}, 1\right] \quad (4)$$

که در این فرمول R = بارندگی موثر (منظور بارشی که به طور مستقیم به سطح خاک می رسد و نفوذ می کند) (hour/mm)، a، T = سطح بالادست دامنه (m²) و ضریب انتقال دهندگی آب در خاک (m²/hour) می باشد که از رابطه ۵ محاسبه می شود:

$$T = k.d \quad (5)$$

که در اینجا k = هدایت هیدرولیکی اشباع (day/m) می باشد و در نهایت r هم نسبت بین وزن مخصوص آب (pw) به وزن مخصوص اشباع خاک (ps) می باشد.

1- Infinite slope stability model
2-Failure plane

در کلاس متوسط قرار می‌گیرد.

بررسی مقادیر ضریب پایداری دامنه‌های L۳، L۴، L۵، L۶، L۷ نشان می‌دهد که دامنه L۵ با توجه به مقدار ضریب پایداری در کلاس آسیب‌پذیری خیلی زیاد و دامنه‌های L۳ و L۴ در کلاس آسیب‌پذیری زیاد و دامنه‌های L۶ و L۷ در کلاس پایداری متوسط قرار گرفته‌اند. این مسئله با احتمال به علت شیب بیشتر دامنه L۵ که فاکتور مؤثری در وقوع لغزش است و عدم وجود پوشش گیاهی در این دامنه که یک عامل مقاومتی در برابر لغزش است، حاصل می‌گردد. اما در مورد دامنه‌های L۱ و L۲ با وجود لغزش در این دامنه‌ها آنها در کلاس پایدار قرار گرفته‌اند که با واقعیت موجود انطباق ندارد. بررسی و مطالعه ویژگی‌های توپوگرافیک، هیدرولوژیکی و فیزیک خاک این دامنه‌ها به گونه‌ای است که بر اساس مدل SINMAP نبایستی در این دامنه‌ها که دارای شیب کمتر از ۱۰ درصد هستند لغزش مشاهده شود. در صورتی که پس از بررسی صحرایی و مطالعه روی عکس هوایی مشخص گردید که در این دامنه‌ها در شرایط عادی امکان لغزش ندارد اما وجود عوامل مصنوعی از قبیل جاده‌سازی و قرار گرفتن در حاشیه رودخانه، در ایجاد لغزش در این دامنه‌ها مؤثر بوده است که این نکته در مدل‌های فرآیند محور در نظر گرفته نمی‌شود. پس از بررسی پایداری دامنه‌های تعیین شده در طبیعت، مدل SINMAP با تلفیق GIS برای تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش به صورت شبکه‌ای مورد استفاده قرار گرفت تا مقدار ضریب پایداری برای هر دامنه از این طریق نیز محاسبه گردد. نتایج نشان می‌دهد از آنجا که این مدل در تلفیق با GIS در مقیاس متوسط و در سطح حوزه آبخیز کارایی دارد تعمیم نتایج آن به سطح دامنه و مقیاس بزرگ نتایج مطلوبی را ارائه نخواهد داد چرا که میانگین ضریب پایداری مجموع پیکسل‌های هر دامنه به عنوان ضریب پایداری کل دامنه در نظر گرفته می‌شود و این مسئله در برآورد ضریب پایداری خطا ایجاد می‌کند.

جدول ۳- نتایج حاصل از محاسبه ضریب پایداری دامنه با استفاده از مدل SINMAP

دامنه‌ها	ضریب پایداری	کلاس پایداری
L۱	۱/۹۶	پایدار
L۲	۲/۱۱	پایدار
L۳	۱/۰۷	شبه پایدار
L۴	۰/۸۸	احتمال ناپایداری کمتر از ۵۰٪
L۵	۰/۴۱	احتمال ناپایداری بیشتر از ۵۰٪
L۶	۱/۴۹	پایداری متوسط
L۷	۱/۳۵	پایداری متوسط
S۱	۱/۹۹	پایدار
S۲	۲/۹۹	پایدار
S۳	۳/۱۶	پایدار

نقشه به دست آمده ۱۰ دامنه در حوزه سد ایلام که بعضی از آنها در طبیعت لغزشی و بعضی پایدار بودند (به طور تصادفی) انتخاب شدند و محاسبات پایداری در آنها انجام گردید.

در عمل مدل SINMAP با محاسبه شیب و رطوبت در هر نقطه شبکه اجرا می‌شود، اما فرض مدل این است که سایر پارامترها بر روی سطوح بزرگتر ثابت بوده‌اند و یا به عبارتی دیگر دارای توزیع احتمال ثابتی می‌باشند.

نتایج و بحث

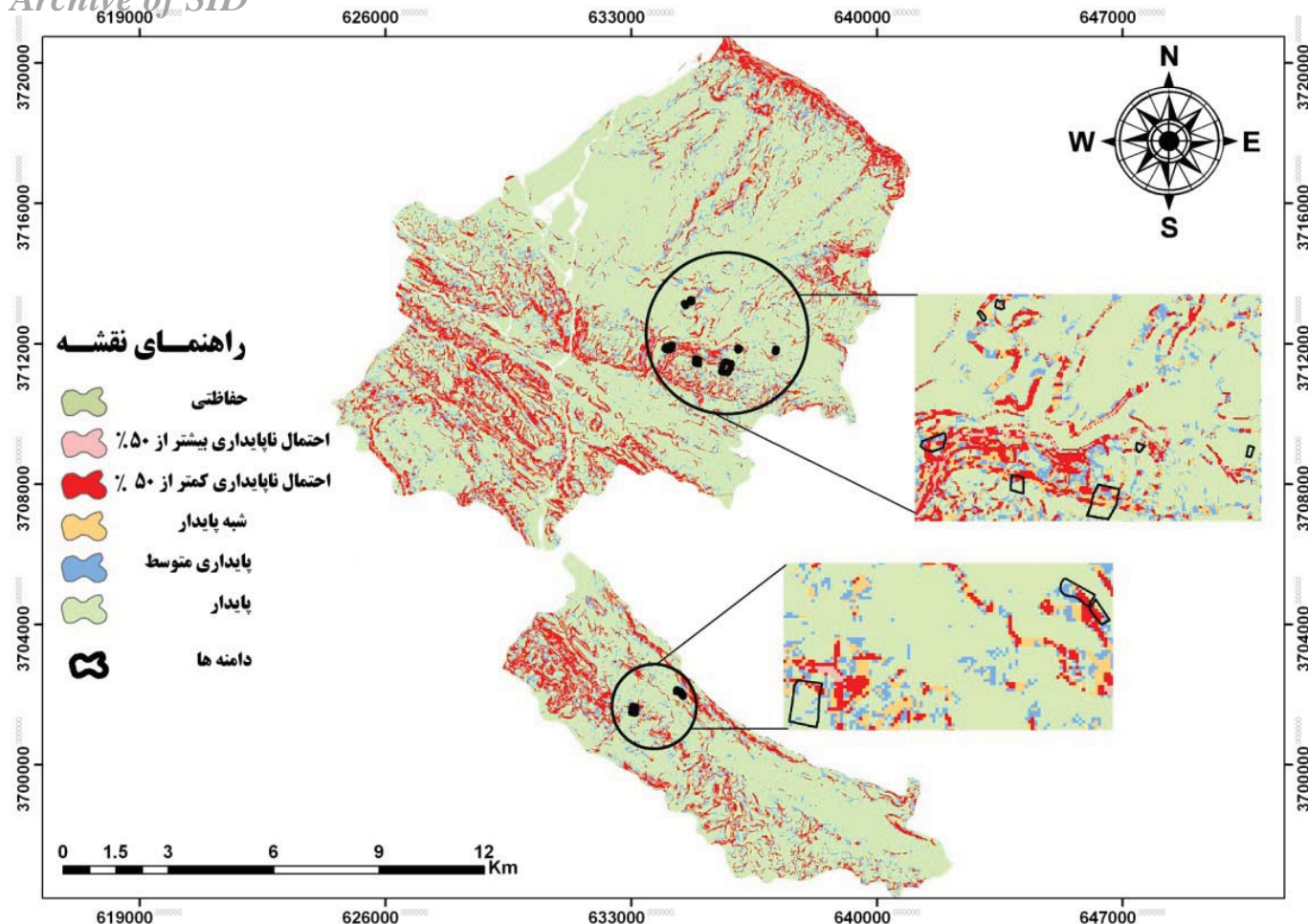
پس از تعیین پارامترهای مورد نیاز جهت ورودی مدل (جدول ۲)، و با استفاده از حل معادلات (۱) الی (۵) در محیط نرم‌افزار MATLAB محاسبات در هر پیکسل انجام گردید و سپس ضریب پایداری (FS) برای کل دامنه (در محیط ArcGIS) محاسبه گردید. دامنه‌های لغزشی با حرف L و دامنه‌های پایدار با حرف S نامگذاری شده‌اند.

جدول ۳ ضریب پایداری این ۱۰ دامنه را به تفکیک نشان می‌دهد. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۳ می‌توان بیان کرد که نتایج مدل SINMAP در مورد دامنه‌های پایدار یعنی S۱، S۲ و S۳ کاملاً با واقعیت موجود در طبیعت انطباق داشته است.

بخش عمده سطح این دامنه‌ها توسط پوشش گیاهی که به طور عمده شامل درختان بلوط است، پوشیده شده است. بررسی وضعیت این دامنه‌ها در طبیعت نشان می‌دهد که این دامنه‌ها به دلیل شرایط توپوگرافیک، هیدرولوژیکی و فیزیک خاک قابلیت لغزش دارند اما نقش پوشش گیاهی و به ویژه تأثیر چسبندگی ریشه درختان به عنوان عامل مقاومتی در برابر لغزش، مانع از ایجاد لغزش در این دامنه‌ها شده است. بطوری که با حذف پارامتر چسبندگی ریشه (Cr) برای مثال در دامنه S۱ ضریب پایداری به ۱/۳ می‌رسد که از نظر پایداری

جدول ۲: پارامترهای مورد نیاز جهت تعیین ضریب پایداری (دامنه پایدار S۲ و دامنه ناپایدار L۴)

پارامترها	واحد	دامنه L۴	دامنه S۲
طول دامنه	m	۸۰	۱۰۰
شیب متوسط دامنه	%	۱۵/۵	۲۱/۸۰
حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته	mm	۵۷/۳۶	۶۷/۵۷
پوشش گیاهی	%	۵	۷۲
عمق خاک (d)	m	۲	۳
تخلخل مؤثر	%	۲۰	۲۵
هدایت هیدرولیکی اشباع (k)	d/m	۹/۳	۲۰/۵
چسبندگی خاک (Cs)	Kg/cm _۳	۰/۰۵	۰/۲۳
زاویه اصطکاک داخلی (φ)	(°)	۱۵	۲۱
وزن مخصوص اشباع خاک (ps)	KN/m _۳	۱۹۵۰	۱۸۷۰
چسبندگی خاک ناشی از ریشه (Cr)	m ^۳ /KN	۴	۸



شکل ۲- نقشه پهنه‌بندی حاصل از مدل SINMAP

دارد که این داده‌ها در دو بعد زمان و مکان به شدت متغیرند. ولی آنچه که این مدل را متمایز می‌کند این است که در SINMAP کاربر نیازی به تعریف دقیق عددی پارامترهای اقلیم و خاک ندارد، بلکه می‌تواند دامنه‌ای از مقادیر را برای پارامترها در نظر بگیرد، یعنی همان مفهوم عدم قطعیت که به صورت طبقات نسبی خطر زمین‌لغزش ارائه می‌شود. این مدل را می‌توان جهت برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح حوزه‌های آبخیز، مدیریت عرصه‌های جنگلی و مهندسی شهرسازی مورد استفاده قرار داد. بسته به دقت مدل رقومی ارتفاع، نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها و داده‌های حاصل از مشاهدات و آزمایشات صحرایی، مدل نرم‌افزاری SINMAP را می‌توان برای مطالعات فازشناخت (مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تا ۱:۲۰۰۰۰) تا مطالعات تفصیلی - اجرایی (مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ تا ۱:۵۰۰۰) به کار برد.

اما مهم‌ترین نکته‌ای که ذکر آن در این بخش لازم به نظر می‌رسد این است که مدل SINMAP همانند مدل‌های فیزیکی که مسائل محیطی را مدل‌سازی می‌نمایند، دارای محدودیت‌هایی نیز می‌باشد. اولین محدودیت این مدل این است که قابل اجرا جهت شبیه‌سازی زمین‌لغزش‌های انتقالی کم عمقی است که تحت کنترل جریان‌های همگرا و کم عمق آب زیرزمینی می‌باشند و بنابراین نمی‌توان آن

در صورتی که این روش در تعیین مناطق (پیکسل‌های) ناپایدار و پایدار در هر دامنه می‌تواند مناسب باشد. شکل ۲ نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از تلفیق مدل SINMAP و GIS برای حوزه سد ایلام همراه با مرز این ۱۰ را دامنه نشان می‌دهد.

بر اساس نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه سد ایلام ۶۵ درصد سطح در کلاس پایدار قرار گرفته و دو کلاس پایداری متوسط و شبه پایدار نیز هر کدام ۱۰ درصد از سطح حوزه را به خود اختصاص داده‌اند. کلاس احتمال ناپایداری کمتر از ۵۰٪ تا ناپایدار نیز در مجموع ۱۵ درصد از سطح حوزه را شامل می‌شوند.

بنابراین دیده می‌شود که مدل SINMAP در صورتی که برای پهنه‌بندی کل سطح (بر اساس پیکسل‌بندی) استفاده گردد دارای کارایی بهتری است تا زمانی که جهت بررسی پایداری یک دامنه بخصوص استفاده گردد.

نتیجه‌گیری

همانطور که ذکر شد این پژوهش با عنوان ارزیابی مدل فرآیند محور SINMAP در بررسی زمین‌لغزش‌های سطحی در حوزه سد ایلام انجام گرفته است. اجرای نظری پایداری شیب نیاز به داده‌های خاکشناسی و اقلیمی

6- Memarian, H. and Safdari, A. 2009. Stability of natural slopes and its analysis using Arc View GIS (Introducing the SINMAP model), Sokhan Gostar publications, 98 p.

7- Montgomery, D. R. and Dietrich, W. E. 1994. A physically based model for the topographic control on shallow landsliding, Water Resources Research, 30: 1153-1171.

8- Morshedi, J. and Moghimi, E. 2007. Landslide hazard zonation using GIS in Ilam dam watershed, The third international conference of integrated management of crisis in natural zuaafelling events, Tehran, Iran.

9- Naqa, A.E. and Abdelghafoor, M. 2006. Application of SINMAP Terrain Stability Model Along Amman-Jerash-Irbid Highway, North Jordan, ejge paper. Computer Vision, Graphics and Image Processing, 28: 328-344.

10- Pack, R. T., Tarbaton, D. G. And Goodwin, C.N. 1998. The SINMAP Approach to Terrain Stability Mapping, 8th congress of the international Association of Engineering Geology, Vancouver, British, Columbia, Canada, September 21- 25.

11- Pack, R. T., Tarbaton, D. G. and Goodwin, C.N. 2001. Assessing Terrain Stability in a GIS using SINMAP, 15th annual GIS conference, GIS 2001, Vancouver, British Columbia. February 19-22.

12- Tajik, V., Kamalpour, F. and MahdaviFar, M. 2005. Landslide hazard zonation using engineering judgment, The fourth congress of engineering geology and environment of Iran, Tehran, Iran.

13- Wawer, R. and Nowocien, E. 2003. Application of SINMAP terrain stability model to Grodarz stream watershed, Journal of Polish Agricultural Universities Environmental Development, EJPAU 6(1), #03.

14- Zaitchik Benjamin, F., Van Es Harold, M. and Sullivan Patrick, J. 2003. Modelling Slope Stability in Honduras Parameter Sensitivity and Scale of Aggregation, Soil Science Society of America Journal, 67: 268-278.

را جهت شبیه‌سازی زمین‌لغزش‌های چرخشی یا جریان‌های گلی عمیق به کار برد. دومین محدودیت این است که نباید بدون وجود داده‌های مشاهده‌ای از حوزه مورد مطالعه جهت واسنجی، اقدام به اجرای مدل نمود. همچنین این مدل‌ها قادر به پیش‌بینی لغزش‌های ناشی از عوامل مصنوعی نمی‌باشند که ضروری است تغییرات و اصلاحاتی در مدل بر اساس شرایط منطقه صورت گیرد. [5]
در نهایت با توجه به محدودیت در زمینه جمع‌آوری داده‌های خاص (مانند خصوصیات مکانیک خاک) که گاهی جمع‌آوری این اطلاعات بسیار مشکل و پرهزینه است، بنابراین پیشنهاد می‌شود برای تعیین و پیش‌بینی زمین‌لغزش و طراحی نظام‌های هشدار زمین‌لغزش در مناطق مستعد کشور، در بعضی از این مکان‌ها مدل‌های تجربی-آماري با مدل‌های فیزیکی (فرایند محور) مانند مدل ارائه شده مورد آزمون قرار گیرند تا بتوان میزان کارایی مدل‌های تجربی-آماري را سنجید.

منابع

1- Bayati Khatibi, M. and Karami, F. 2006. Identification and zonation of landslide susceptible areas in Oujan Chai basin (using statistical methods and geographic information system), The second international conference of integrated management of crisis in natural zuaafelling events, Tehran, Iran.

2- Fowze, J.S.M., Buena, D., Daag, A.S, Hazarika, M.K. and Samarkoon, L. 2007. Spatial modeling of rain-triggered Landslides (A case study in Southern Leyte Province, Philippines), 28th Asian Conference on Remote Sensing, Kuala Lumpur, Malaysia 12-16 November.

3- Hammond, C., Hall D., Miller S. and Swetik P. 1992. "Level I Stability Analysis (LISA) Documentation for Version 2.0," General Technical Report INT-285, USDA Forest Service Intermountain Research Station.

4- Izzaddoust, M. 2010. Evaluation of physically-based models for investigating the shallow landslides, Msc thesis, Faculty of Natural Resources, Yazd University, 110 p.

5- Legorreta Paulina G., Bursik, M., Lugo-Hubp, J. and Zamorano Orozco, J.J. 2010. Effect of pixel size on cartographic representation of shallow and deep-seated landslide, and its collateral effects on the forecasting of landslides by SINMAP and Multiple Logistic Regression landslide models, Physics and Chemistry of the Earth, 35 (3-5), 137-