مجله علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

سال پنجم- شماره ۱۵- تابستان ۱۳۹۰ Vol. 5, No. 15, Summer 2011

بررسی کارایی مدلSINMAP در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش (مطالعه موردی حوزه آبخیز سد ایلام)

علی طالبی[1] مریم ایزددوست[2]

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

چکیده

ایران با توجه به ویژگی‌های زمین‌ریخت‌شناسی، زمین‌شناسی و آب و هوایی از جمله کشورهایی می‌باشد که در اثر وقوع زمین‌لغزش‌ها هر ساله متحمل خسارات سنگین می گردد. با توجه به اینکه بسیاری از خسارات ناشی از زمین‌لغزش به دلیل عدم رعایت اصول صحیح در گسترش مناطق مسکونی، ساخت سدها، احداث راه‌ها و تأسیسات و غیره بوجود آمده‌اند، لزوم شناخت مناطق حساس به زمین‌لغزش از اهمیت بسیاری برخوردار است. در این مطالعه با استفاده از مدل SINMAP ، نقشه خطر زمین‌لغزش 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 دامنه‌های 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 پیش‌بینی خطر زمین‌لغزش در حوزه سد ایلام برخوردار است. بر اساس نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل SINMAP در حوزه سد ایلام، ٦٥ 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 داده‌اند و «کلاس‌های احتمال ناپایداری کمتر از ۵۰٪ « تا « ناپایدار» نیز در مجموع ۱۵ درصد از سطح حوزه سد ایلام را شامل می‌شوند.

۱- استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد (نویسنده مسئول)
talebisf@yazduni.ac.ir
۲- کارشناس ارشد آبخیزداری ezaddoust_m@yahoo.com

کلمات کلیدی: زمین‌لغزش، SINMAP، حوزه سد ایلام، پهنه‌بندی.

مقدمه

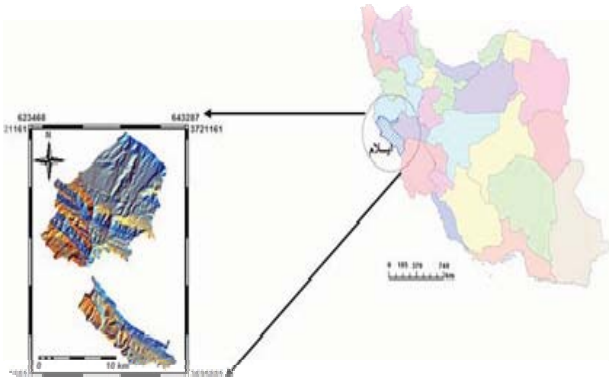
امروزه مطالعه علمی و جامع پدیده زمین لغزش در دنیا به دلایل تحمیل خسارات مالی و جانی وارده بر اجتماعات انسانی، یکی از مسایل مهم محسوب می‌گردد. رسیدن به نتایج مطلوب از لحاظ ایمنی و اقتصادی در پروژه‌های عمرانی، مانند انتخاب مسیر، احداث بزرگراه‌ها و راه‌های اصلی و فرعی کوهستانی و طرح‌های توسعه جنگل‌ها و مراتع طبیعی در گرو مطالعه و توجه به پایداری شیب‌های طبیعی منطقه است. عدم توجه به این مسأله خسارات جبران‌ناپذیر جانی و مالی، تخریب اراضی و رسوبزایی حوزه را می‌تواند به دنبال داشته باشد. شناسایی مناطق مستعد زمین‌لغزش از طریق پهنه‌بندی با استفاده از مدل‌های یکی از اقدامات مؤثر و ضروری در مدیریت مناطق جنگلی و به ویژه در طراحی مسیرهای جدید جاده‌های جنگلی جهت کاهش هزینه ساخت و نگهداری جاده‌ها می‌باشد. در پیشنهاد مدل‌ها و راهکارهای مناسب برای ارزیابی خطر لغزش زمین تلاش‌های بسیاری توسط پژوهشگران مختلف در دنیا و کشور ما انجام شده است. امروزه برای پیش‌بینی زمین‌لغزش‌ها از روش‌های مختلفی از جمله روش‌های آماری، روش‌های توصیفی و روش‌های فرآیند محور استفاده می‌شود. شایان ذکر است که در ایران بیشتر مطالعات صورت گرفته بر اساس روش‌های 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 زمین‌لغزش شامل شناخت فرآیند، تجزیه و تحلیل خطر و پیش‌بینی خطر زمین‌لغزش در آینده برای کاهش پیشرفت و خسارت ناشی از آن می‌باشد. سابقه مطالعات و پژوهش در مورد مدل‌سازی و پهنه‌بندی خطر وقوع حرکت‌های توده‌ای و به ویژه زمین‌لغزش‌ها در کشورهای توسعه‌یافته به دهه ٦٠ میلادی باز می‌گردد. با وجود سابقه طولانی این عرصه از پژوهش در کشورهای توسعه‌یافته، در کشور ما کارهای انجام‌شده در این زمینه، تا حدودی جوان بوده و شروع جدی آنها به طور عمده به اوایل دهه ۱۳۷۰ باز می‌گردد[٤]. پس از رویداد زمین‌لرزه خرداد ماه ۱۳٦۹ منجیل و وقوع تعداد بیشماری زمین‌لغزش در پی آن که منجر به خسارات جانی و مالی فراوان گشت، شناخت مناطق حساس به خطر زمین‌لغزش در اولویت قرار گرفت.

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

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 وعوامل سنگ شناسی، 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 وشیب ۱۵-۱۰ درجه بیشترین رخداد لغزش را دارد. ویور[1] و همکاران [۱۳]با استفاده از مدل SINMAP[2] 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. زائیچیک[3] و همکاران[۱٤] 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[4] 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. فاوز[5] و همکاران[۲] در پژوهشی تحت عنوان مدل‌سازی مکانی زمین‌لغزش‌های ناشی از باران در جنوب فیلیپین با استفاده از مدلSINMAP به تعیین مناطق مستعد زمین‌لغزش حاصل از بارش باران پرداختند. آنها نتیجه گرفتند که با استفاده از این مدل ٤۷٪ 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



شکل ۱- موقعیت کشوری و استانی منطقه مورد مطالعه

سال‌های گذشته می‌باشند. لگورتا[6] و همکاران[۵] اثر اندازه پیکسل را روی دقت مدلSINMAP 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 ۱۸۳٦۰ هکتار می‌باشد که از لحاظ موقعیت جغرافیایی، بین طول‌های شمالی "٤۲ '۲۳ °۳۳ تا "۲ '۳۷ °۳۳ و عرض‌های شرقی "۱۷ '۲۰ °٤٦ تا "٥٦ '۳۱ °٤٦ و شیب متوسط وزنی ۳۰/٤ درصد واقع گردیده است و از نظر پوشش گیاهی، مراتع حوزه مطالعاتی سطحی معادل با حدود ۱۱٤۷۲ 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 آسفالته 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،

6 -Legorta

گلان گل گل وکنجان ورودی سدچم‌گردلان که تأمین‌کننده آب شهر ایلام می‌باشد تشکیل می‌گردد. مهمترین مناطق مسکونی موجود در منطقه شامل اما، شهرک مهر، چاویز، شال کبود بلیل، چنگیله و چشمه‌کبود می‌باشد.

مدل SINMAP

این مدل براساس مدل پایداری شیب نامحدود[1] پایه‌گذاری شده [۳، ۷، ۱۱] که مولفه‌های ناپایدارکننده (نیروی ثقل) و پایدارکننده (نیروی اصطکاک و چسبندگی خاک) شیب را بر روی یک سطح شکست[2] موازی سطح زمین و البته با چشم‌پوشی از اثر مرزی پایین دست شیب موازنه و شبیه‌سازی می‌نماید. این روش، شرایطی را جهت کنترل زمین‌لغزش انتقالی سطحی (تا ۳ متر) توسط همگرایی جریان آب زیر زمینی کم‌عمق فراهم می‌آورد. بر طبق رابطه(۱) فاکتور پایداری (Fs) تعریف می‌شود که تمام محاسبات بر اساس آن می‌باشد:[۱۰]

$$FS = \frac{C + \cos\theta[1 - W.r]\tan\phi}{\sin\theta} \qquad (۱)$$

که در این رابطه:

C= چسبندگی (m^2/N) می باشد که با توجه به رابطه ۲محاسبه می‌شود:

$$(\rho s.\ g\ .h) / (Cs + Cr) = C \qquad (۲)$$

Cr= چسبندگی خاک ناشی از ریشه (m^2/N) و Cs= چسبندگی خاک (m^2/N)، Θ = زاویه شیب(٪)، ϕزاویه اصطکاک داخلی خاک، ρs= وزن مخصوص اشباع خاک (m^2/kg) ، g= شتاب ثقل ($۹٫۸۱ m/s^2$و h = ضخامت خاک (m) می‌باشد که از رابطه ۳ محاسبه می‌گردد:

$$h = d.\cos\Theta \qquad (۳)$$

که در آن d عمق خاک (m) در راستای عمود بر دامنه می باشد.

w = شاخص رطوبت نسبی است که از رابطه ٤ به دست می‌آید:

$$W = \min[\frac{R.a}{T.\sin\theta}, 1] \qquad (٤)$$

که در این فرمولR =بارندگی موثر (منظور بارشی که به طور مستقیم به سطح خاک می رسد و نفوذ می‌کند) (hour/mm)،a = سطح بالادست دامنه (m^2) و T= ضریب انتقال‌دهندگی آب در خاک ((m^2/hour)می‌باشد که از رابطه ۵ محاسبه می‌شود:

$$T = k.d \qquad (۵)$$

که در اینجا k = هدایت هیدرولیکی اشباع (day/m) می‌باشد و در نهایت r هم نسبت بین وزن مخصوص آب (ρw) به وزن مخصوص اشباع خاک (ρs) می‌باشد.

شایان ذکر است در رابطه ٤ منظور از min کمینه اعداد داخل کروشه می‌باشد و به این معنی است که شاخص رطوبت همیشه کمتر یا برابر یک است.

از ویژگی‌های بارز مدل نرم‌افزاری SINMAP این است که محاسبات بر پایه یک شبکه سلولی انجام می‌گیرد و صحت اطلاعات خروجی بستگی به صحت اطلاعات موجود در مدل رقومی ارتفاع (DEM) دارد [۵]. باتوجه به فاکتور پایداری(Fs) و جدول(۱) می‌توان پایداری و یا عدم پایداری دامنه‌ها را پیش‌بینی کرد [٦].

در این پژوهش از ترکیب نرم افزار ArcGIS و SINMAP جهت پیش‌بینی خطر زمین‌لغزش استفاده گردیده است. ورودی اصلی، مدل رقومی ارتفاع می‌باشد 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 نقشه‌هایی 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 TوR برابر با ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ متر می‌باشد. نسبت T/R در معادله ٤ دارای بعد [m^{-1}] می‌باشد که رطوبت نسبی را با درنظر گرفتن نسبت تغذیه مجدد سفره در شرایط ماندگار به ظرفیت زهکشی جانبی خاک ، محاسبه می‌نماید. در واقع R ، تغذیه موثر برای یک دوره بحرانی از هوای مرطوب است که با احتمال می‌تواند منجر به شروع فرآیند زمین‌لغزش گردد.

چسبندگی بی بعد نیز ارزش مربوط به چسبندگی خاک و ریشه است که حد پایین و بالای آن با توجه به داده‌های 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^o و ٤۵^o می‌باشد. 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 می‌باشد. جهت ارزیابی دقت

جدول۱- تعریف کلاس پایداری مدلSINMAP [۱۰]

حالت پیش بینی شده	شرایط	کلاس
منطقه پایدار	۱/Fs>۵	۱
منطقه با پایداری متوسط	۱/۵>Fs>۱/۲۵	۲
منطقه شبه پایدار	۱/۲۵>Fs>۱	۳
منطقه پایین‌تر از سطح آستانه	۱>Fs>۰/۵	٤
منطقه بالاتر از سطح آستانه	۰/۵>Fs>۰	۵
منطقه حفاظت شده	Fs<۰	٦

1- Infinite slope stability model
2-Failure plane

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.

درعمل 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 نرم‌افزارMATLAB محاسبات در هر پیکسل انجام گردید و سپس ضریب پایداری (FS) برای کل دامنه (در محیطArcGIS) 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 می توان بیان کرد که نتایج مدل SINMAP در مورد دامنه‌های پایدار یعنی S۱، S۲ و S۳ کاملا 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، هیدرولوژیک 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 می رسد که از نظر پایداری در کلاس متوسط قرار می‌گیرد.

جدول ۲: پارامترهای مورد نیاز جهت تعین ضریب پایداری (دامنه پایدار S۲ و دامنه ناپایدار L٤)

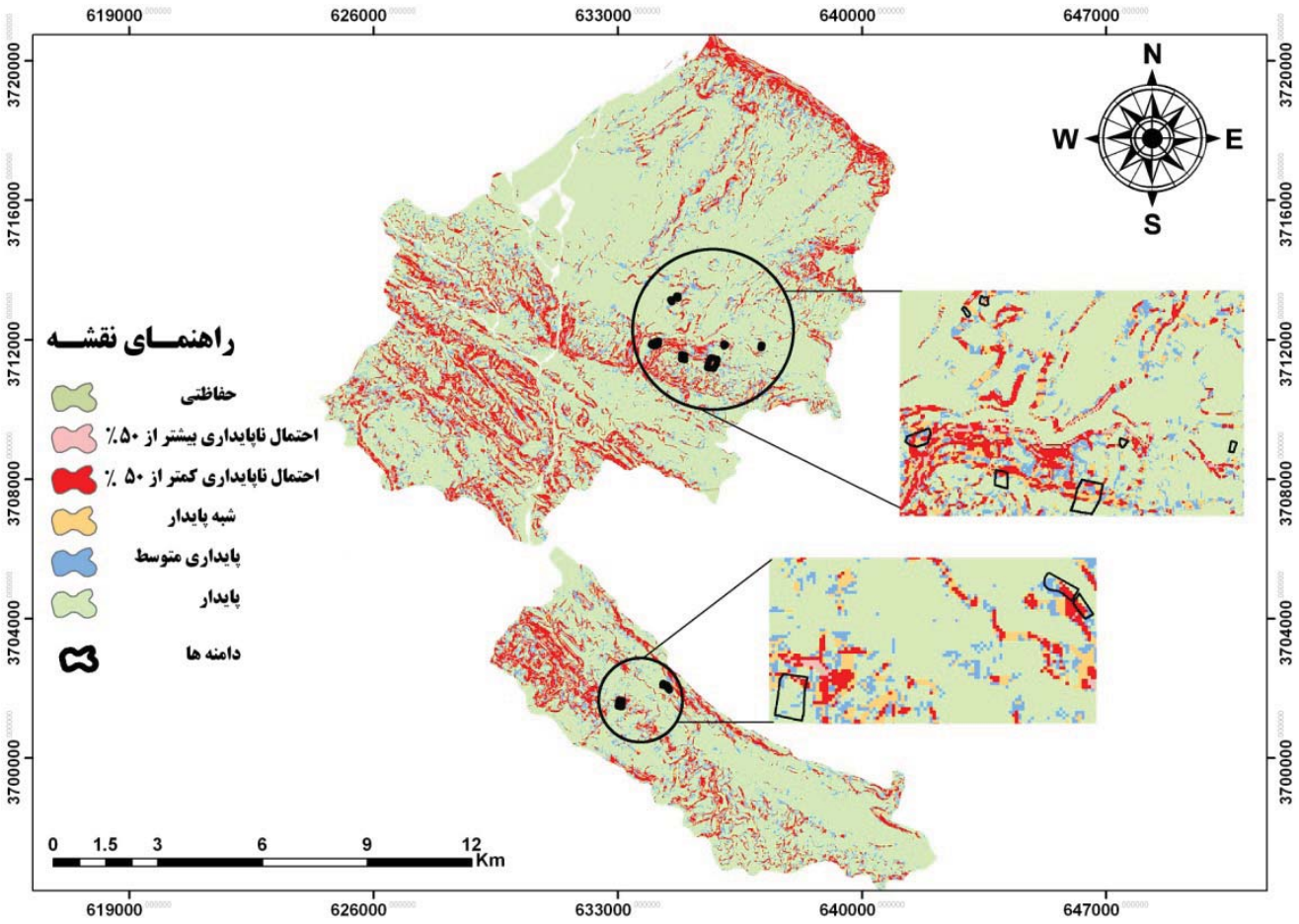
دامنه S۲	دامنه L٤	واحد	پارامترها
۱۰۰	۸۰	m	طول دامنه
۲۱/۸۰	۱۵/۵	٪	شیب متوسط دامنه
٦۷/۵۷	۵۷/۳٦	mm	حداکثر بارندگی ۲٤ ساعته
۷۲	۵	٪	پوشش گیاهی
۳	۲	m	عمق خاک (d)
۲۵	۲۰	٪	تخلخل مؤثر
۲۰/۵	۹/۳	d/m	هدایت هیدرولیکی اشباع (k)
۰/۲۳	۰/۰۵	$Kg/cm_۲$	چسبندگی خاک (Cs)
۲۱	۱۵	(°)	زاویه اصطکاک داخلی (φ)
۱۸۷۰	۱۹۵۰	$KN/m_۳$	وزن مخصوص اشباع خاک (ρs)
۸	٤	m۳/KN	چسبندگی خاک ناشی از ریشه (Cr)

بررسی مقادیر ضریب پایداری دامنه‌های L۳، L٤، L۵، L٦، L۷ نشان می‌دهد که دامنه L۵ با توجه به مقدار ضریب پایداری در کلاس آسیب‌پذیری خیلی زیاد و دامنه‌های L۳و L٤ در کلاس آسیب‌پذیری زیاد و دامنه‌های L٦ 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 پوشش‌گیاهی 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 می شود 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	۱/۹٦	پایدار
L۲	۲/۱۱	پایدار
L۳	۱/۰۷	شبه پایدار
L٤	۰/۸۸	احتمال ناپایداری کمتر از ۵۰٪
L۵	۰/٤۱	احتمال ناپایداری بیشتر از ۵۰٪
L٦	۱/٤۹	پایداری متوسط
L۷	۱/۳۵	پایداری متوسط
S۱	۱/۹۹	پایدار
S۲	۲/۹۹	پایدار
S۳	۳/۱٦	پایدار



شکل۲- نقشه پهنه‌بندی حاصل از مدلSINMAP

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 ٦۵ درصد سطح در کلاس پایدار قرار گرفته و دو کلاس پایداری متوسط و شبه پایدار نیز هر کدام ۱۰درصد 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 کارآیی 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 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 وخاک 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 مورداستفاده 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 به‌نظر می‌رسد این است که مدلSINMAP 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 کم‌عمقی است که تحت کنترل جریان‌های همگرا و کم‌عمق آب زیرزمینی می‌باشند و بنابراین نمی‌توان آن

را جهت شبیه‌سازی زمین‌لغزش‌های چرخشی یا جریان‌های گلی عمیق به کار برد. دومین محدودیت این است که نباید بدون وجود داده‌های مشاهده‌ای از حوزه موردمطالعه 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.[۵]

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-آماری با مدل‌های فیزیکی (فرایند محور) مانند مدل ارائه شده مورد آزمون قرار گیرند تا بتوان میزان کارآیی مدل‌های تجربی-آماری 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 zuafelling events, Tehran, Iran.

2- Fowze, J.S.M., Buena, D., Daag, A.S, Hazarika, M.K. and Samarkoon, L. 2007. Spatial modeling of rain-trigged 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 modelsfor investigating the shallow landslides, Msc thesis, Facultyy 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), 137-148.

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 zuafelling 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, 8 th 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.