

## ارزیابی کارآیی مدل‌های آماری ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش مناطق جنگلی (سری دو جنگل شصت کلاته گرگان)

حامد افجه نصرآبادی<sup>۱</sup>، \*شعبان شتایی<sup>۲</sup>، نصرت‌الله... رفت‌نیا<sup>۳</sup> و محسن شریعت‌جعفری<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، استادیار گروه جنگلداری،  
<sup>۲</sup>دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، مربی پژوهشی مرکز تحقیقات، حفاظت خاک و آبخیزداری کشور

تاریخ دریافت: ۸۵/۱۱/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۴/۲۳

### چکیده

شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین لغزش از طریق پهنه‌بندی خطر، یکی از اقدامات موثر و ضروری در مدیریت خطر و بحران به‌ویژه در مناطق جنگلی جهت کاهش هزینه‌های احداث و نگهداری جاده‌هاست. هدف از این تحقیق ارزیابی کارآیی مدل‌های آماری ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در سری دو جنگل شصت کلاته گرگان می‌باشد. پس از بررسی‌های میدانی و مرور مطالعات در مناطق مشابه نقشه ۷ عامل ارتفاع از سطح دریا، درجه شیب، جهت شیب، بارندگی، زمین‌شناسی، فاصله از آبراه‌ها و گسل‌ها در محیط GIS تهیه گردید. عامل کاربری اراضی به‌علت پوشش کامل جنگلی در تمام منطقه مورد مطالعه وارد مدل نگردید. نقشه زمین لغزش‌های موجود نیز از طریق عملیات میدانی و جنگل‌گردشی با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) ثبت و در محیط GIS تهیه گردید. ۷ لایه اطلاعات آماده شده در محیط GIS با لایه اطلاعاتی پراکنش زمین لغزش‌ها تطابق داده شد. اطلاعات میزان زمین لغزش‌ها در هر یک از کلاسه‌ها و مساحت آنها به‌دست آمد. پس از تعیین نرخ هر یک از عوامل، پهنه‌بندی با استفاده از مدل‌های آنالیز آماری ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح براساس مقادیر وزنی کمی شده در محیط GIS اجرا گردیدند. کارآیی این دو مدل براساس نتایج خروجی مدل‌ها و با استفاده از دو شاخص دانسیته نسبی (Dr) و جمع مطلوبیت (Qs) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از شاخص Dr نشان داد که هر دو مدل در تشخیص کلاس‌های با خطر بالا نسبت به کلاس‌های با خطر پائین خوب عمل نموده‌اند. از بین دو مدل مورد آزمون براساس نتایج شاخص Qs، مدل ارزش اطلاعاتی با  $Qs=1/0.39$  نسبت به مدل تراکم سطح با  $Qs=0/45$  دارای مطلوبیت نسبی بهتری است.

**واژه‌های کلیدی:** مناطق جنگلی، پهنه‌بندی زمین لغزش، مدل‌های آماری، تراکم سطح، ارزش اطلاعاتی، ارزیابی

### مقدمه

انسانی، از مهم‌ترین مسائل است. 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

مطالعه علمی و جامع پدیده زمین لغزش در دنیا به‌دلایل میزان خسارات مالی و جانی وارده بر اجتماعات

نتیجه‌ای که به دست آمد نشان‌دهنده دقت بالاتر روش ارزش اطلاعاتی نسبت به روش تراکم سطح می‌باشد. احمدی و همکاران (۲۰۰۳) با مطالعه موردی در حوضه آب‌خیز گرمی چای استان اردبیل به پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای با استفاده از دو روش رگرسیون چندمتغیره و تحلیل سلسله مراتبی پرداختند. فیض‌نیا و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیقی تحت عنوان بررسی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌ها و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه آب‌خیز شیرین رود سد تجن به مقایسه ۴ روش پهنه‌بندی خطر زمین لغزش یعنی ارزش اطلاعاتی، تراکم سطح، شاخص هم‌پوشانی و روش تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها (AHP)<sup>۱</sup> در محیط GIS پرداختند. آنها با استفاده از شاخص QS نتیجه گرفتند که روش ارزش اطلاعاتی در مقایسه با روش تراکم سطح بهتر می‌تواند مناطق را از نظر خطر زمین لغزش پهنه‌بندی نماید.

بررسی کارایی این دو روش در یک منطقه جنگلی و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه‌ای جنگلی که فاقد جاده می‌باشد می‌تواند در طراحی مسیرهای جاده‌های جنگلی برای طراحان و مدیران طرح‌های جنگلی بسیار مفید باشد. از سویی دیگر با توجه به عدم بهره‌برداری مدون و تحت طرح جنگلداری و تقریباً بکر بودن این منطقه می‌تواند ما را در بررسی کارایی روش‌های پهنه‌بندی در مناطقی که انسان دخالتی در وقوع زمین لغزش‌ها نداشته است و انتخاب بهترین روش، کمک نماید. این تفاوتی است که تاکنون در هیچ تحقیقی به آن پرداخته نشده است. با توجه به مطالب بیان شده هدف از این تحقیق ارزیابی کارایی مدل‌های آماری ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در سری دو جنگل شصت کلاته گرگان و استفاده از نقشه حاصل از پهنه‌بندی خطر زمین لغزش زمین در طراحی جاده‌های جنگلی و میزان عبور جاده‌ها از مناطق با خطرات مختلف می‌باشد.

گرو مطالعه و توجه به پایداری شیب‌های طبیعی منطقه است. عدم توجه به این مسأله خسارات جبران‌ناپذیری را می‌تواند به دنبال داشته باشد. شناسایی مناطق مستعد زمین لغزش از طریق پهنه‌بندی با استفاده از مدل‌های مختلف یکی از اقدامات مؤثر و ضروری در مدیریت مناطق جنگلی و به‌خصوص در طراحی مسیرهای جدید جاده‌های جنگلی جهت کاهش هزینه ساخت و نگهداری جاده‌ها می‌باشد. در پیشنهاد مدل‌ها و راهکارهای مناسب برای ارزیابی خطر رانش زمین تلاش‌های بسیاری توسط محققان مختلف در دنیا و کشور ما انجام شده است، به طوری که روش‌های مختلفی برای بررسی مناطق لغزشی به صورت پهنه‌بندی خطر زمین لغزش تهیه گردیده که از آن جمله می‌توان به مدل‌های آماری، تجربی، فازی و ... که از مهم‌ترین مدل‌های پهنه‌بندی می‌باشند اشاره کرد. از جمله روش‌های متداول آماری می‌توان به دو روش ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح اشاره نمود. بررسی کارایی هر یک از این دو روش ویا دیگر روش‌ها و همچنین مقایسه آنها با دیگر روش‌ها از جمله موضوعات تحقیقات مهم برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در مناطق مختلف از جمله در مناطق جنگلی می‌باشد. در این ارتباط می‌توان به مواردی از تلاش‌های انجام شده در رابطه با ارزیابی کارایی مدل‌های آنالیز آماری خطر رانش اشاره کرد.

فتاحی اردکانی (۲۰۰۰) جهت پهنه‌بندی خطر زمین لغزش حوضه آب‌خیز سد لثیان از روش نیلسن و ارزش اطلاعاتی استفاده نمود. وی پس از ارزیابی روش‌ها به این نتیجه رسید که روش ارزش اطلاعاتی مطابقت بیشتری با نقشه پراکنش دارد. سارولی (۲۰۰۱) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش آماری رگرسیون چندمتغیره اقدام به پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه یانگین کشور کره نمود. صحت نقشه پهنه‌بندی لغزش با نقشه پراکنش لغزش‌ها مقایسه گردید و براساس روش آماری رگرسیونی، نتایج خوبی حاصل گردید. کلارستاقی (۲۰۰۱) در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش حوضه آب‌خیز شیرین رود سد تجن با استفاده از روش‌های آماری،

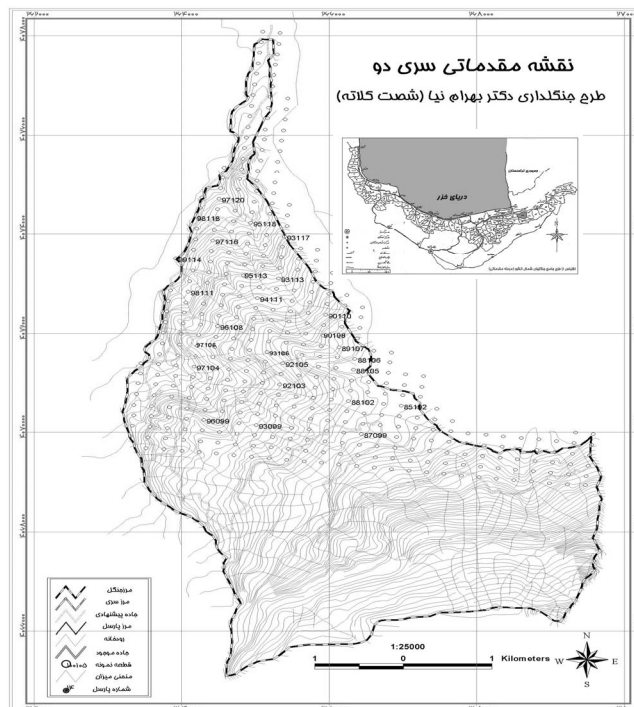
## مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه: سری دو جنگل شصت کلاته با وسعتی در حدود ۲۰۰۰ هکتار در حوضه آب‌خیز ۸۵ طرح جامع جنگل‌های شمال کشور، بین دامنه ارتفاعی ۲۵۰-۲۰۰۰ متر از سطح دریاهای آزاد قرار گرفته است. منطقه دارای محدوده جغرافیایی  $36^{\circ} 42' 30''$  تا  $30^{\circ} 43' 30''$  عرض شمالی و  $54^{\circ} 21' 06''$  تا  $54^{\circ} 30' 30''$  طول شرقی می‌باشد (شکل ۱). از نظر پوشش گیاهی تمام سطح منطقه دارای پوشش جنگلی انبوه می‌باشد. این منطقه تاکنون هیچ‌گونه بهره‌برداری مدون و تحت طرح جنگلداری در آن صورت نگرفته است و تقریباً یک جنگل تقریباً بکر می‌باشد.

از نظر زمین‌شناسی، سری ۲ طرح جنگلداری شصت کلاته براساس مدل استاندارد چینه‌شناسی دارای سازندهای شیست سبز، تیزکوه و لار بوده، به گونه‌ای که واکنش سازندهای مزبور در برابر فرآیندهای اقلیمی و زمین‌ساختی (تکتونیک) پدید آورنده مورفولوژی موجود گردیده است. سازند شیست سبز گرگان با سنگ‌شناسی

سنگ‌های دگرگونی شیستی متورق، سازند لار با سنگ‌شناسی آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه خاکستری تا کرم رنگ به‌همراه قلوه‌های اکسید سیلیس، سازند تیزکوه با سنگ‌شناسی سنگ آهک نخودی خاکستری رنگ هوا زده با لایه‌بندی ضخیم تا توده‌ای و سن کرتاسه، نهشته‌های لس با بافتی ناپیوسته، بسیار عمیق، فاقد پیوستگی و بسیار فرسایش‌پذیر دیده می‌شود. وجود زمین لغزش‌های متعدد در منطقه بیانگر این موضوع می‌باشد.

سری دو از شمال به سری یک شصت کلاته و زمین‌های زراعی، از جنوب به بلندی‌های پرشیب و صخره‌ای، از شرق به طرح جنگلداری سعدآباد و سری یک شصت کلاته و از غرب به طرح جنگلداری شמושک و دره بزرگ شصت کلاته محدود گردیده است. دمای متوسط سالانه در دوره آماری ۱۸ ساله (۱۳۷۰-۱۳۵۲) برابر  $17/74$  درجه سانتی‌گراد، میانگین متوسط بارندگی حدود ۶۵۰ میلی‌متر و اقلیم منطقه به روش آمبرژه، معتدل نیمه‌مرطوب می‌باشد (اداره کل منابع طبیعی گلستان، ۲۰۰۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان گلستان.

**روش تحقیق:** در این تحقیق ابتدا از طریق جنگل گردشی گسترده زمین لغزش‌های رخ داده در سری دو جنگل شصت کلاته شناسائی شده و اطلاعات مربوط به موقعیت آنها به وسیله دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS)<sup>۱</sup> ثبت گردید. در مرحله بعد این اطلاعات در محیط GIS (نرم‌افزار ILWIS) وارد گردید و نقشه پراکنش زمین لغزش منطقه به دست آمد (شکل ۲).

با توجه به بررسی مطالعات انجام شده در منطقه‌ای مشابه (فیض‌نیا و همکاران، ۲۰۰۴) در این دو روش (ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح) از هفت عامل (لایه اطلاعاتی) ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت شیب، زمین‌شناسی، بارندگی، فاصله از گسل و فاصله از آبراهه به عنوان عوامل موثر اولیه استفاده شد. از لایه کاربری اراضی به علت یکنواختی و پوشش کامل جنگل در کل منطقه مورد مطالعه استفاده نگردید و نقشه‌های مربوط در محیط GIS تهیه، رقومی و وارد سیستم GIS (با استفاده از نرم‌افزار ILWIS) گردیدند.

به منظور تعیین اهمیت هر کلاس از عوامل در وقوع زمین لغزش ابتدا لایه‌های مختلف کلاسه‌بندی شد. برای این کار در مورد برخی از کلاسه‌ها مانند شیب، بارندگی، فاصله از گسل و فاصله از آبراهه از نمودار فراوانی تجمعی پیکسل‌ها استفاده شده است. به نحوی که در روی این منحنی مناطقی که شیب منحنی تغییر پیدا می‌کند به عنوان مرز یک کلاس با کلاس دیگر در نظر گرفته می‌شود، به عنوان نمونه این منحنی برای نقشه شیب در شکل ۳ آمده است. در مورد نقشه‌های جهت شیب و زمین‌شناسی با توجه به تقسیم‌بندی‌های مشخص هر لایه کلاسه‌بندی صورت گرفت. لازم به ذکر است که به دلیل عدم وجود راه ساخته شده در منطقه مورد مطالعه از این عامل برای پهنه‌بندی استفاده نگردید.

در این مرحله به منظور تعیین نرخ هر کلاس که در پهنه‌بندی از اهمیت بالایی برخوردار است، از مطابقت دادن نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها با هر کدام از لایه‌های

اطلاعاتی استفاده شد. مساحت زمین لغزش‌های رخ داده در هر کلاسه به هکتار و مساحت هر کلاسه به هکتار و مساحت کل زمین لغزش‌های منطقه مورد مطالعه استخراج گردید و در نهایت با عوامل فوق پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با دو روش آماری ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح انجام گردید.

**پهنه‌بندی خطر زمین لغزش به روش ارزش اطلاعاتی:** در روش ارزش اطلاعاتی ابتدا می‌بایست نرخ یا وزن هر کلاسه از عوامل موثر به دست آورده شود (فتاحی اردکانی، ۲۰۰۰). برای این منظور از معادله ۱ استفاده گردید:

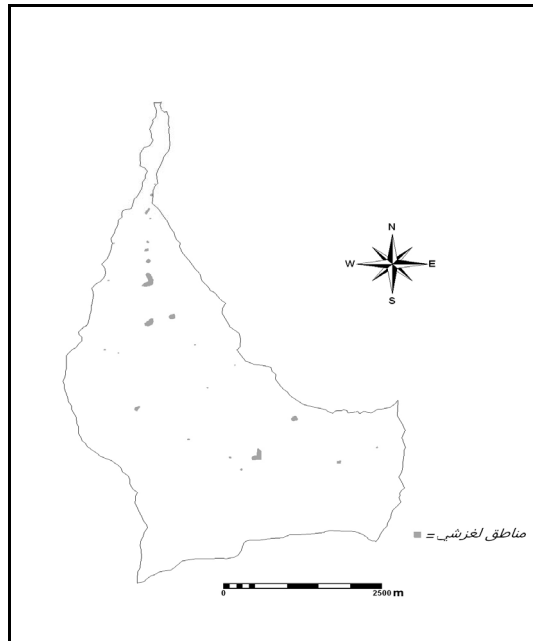
$$\text{Winf} = \text{Ln} [A/B / C/D] \quad (۱)$$

$\text{Winf}$  = از عوامل موثر نرخ مربوط به هر کلاس  
 $A$  = مساحت زمین لغزش‌های رخ داده در هر کلاس (ha)  
 $B$  = مساحت هر کلاس (ha)  
 $C$  = مساحت کل زمین لغزش‌های منطقه مورد مطالعه (ha)  
 $D$  = مساحت کل منطقه مورد مطالعه (ha) و  $\text{Ln}$ -لگاریتم  
 پس از تعیین نرخ مربوط به هر کلاس از عوامل موثر و اعمال آن بر روی نقشه‌های عوامل نامبرده در محیط GIS، با روی هم اندازی و جمع کردن ارزش پیکسل‌های عوامل مختلف، نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش به روش ارزش اطلاعاتی در شش کلاسه به دست آمد.

**پهنه‌بندی خطر زمین لغزش به روش تراکم سطح:** در روش تراکم سطح نرخ مربوط به هر یک از کلاسه‌های عوامل مختلف در این روش از معادله ۲ به دست می‌آید (فتاحی اردکانی، ۲۰۰۰).

$$\text{Wa} = 1000(A / B) - 1000(C/D) \quad (۲)$$

$\text{Wa}$  = نرخ مربوط به هر کلاسه از عوامل موثر  
 $A$  = مساحت زمین لغزش‌های رخ داده در هر کلاسه  
 $B$  (ha) = مساحت هر کلاسه (ha)  
 $C$  = مساحت کل زمین لغزش‌های منطقه مورد مطالعه (ha)  
 $D$  = مساحت کل منطقه مورد مطالعه (ha)



شکل ۲- پراکنش زمین لغزش در سری دو جنگل شصت کلاته.

$S_i$  = مجموع مساحت زمین لغزش‌های واقع در هر کلاس خطر

$A_i$  = مساحت  $i$  امین کلاس خطر در یک نقشه پهنه‌بندی

$n$  = تعداد کلاس‌های خطر

برای مقایسه نتایج خروجی مدل‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش از شاخص جمع مطلوبیت (QS) استفاده گردید. مقدار (QS) از رابطه زیر برای هر نقشه محاسبه می‌شود (معادله ۴).

$$QS = \sum_{i=1}^n ((Dr - 1)^2 \times S) \quad (4)$$

$Dr$  = نسبت دانسیته

$QS$  = جمع مطلوبیت

$S$  = نسبت مساحت هر کلاس خطر به مساحت کل منطقه

$n$  = تعداد کلاس‌های خطر

مقدار QS نشان‌دهنده مطلوبیت عملکرد مدل در پیش‌بینی خطر رانش زمین در منطقه است. معمولاً مقدار این شاخص برای مدل‌های مختلف در گستره صفر و ۷ قرار می‌گیرد (شریعت‌جعفری، ۲۰۰۶). هرچه این مقدار بیشتر باشد نشان‌دهنده مطلوبیت بهتر عملکرد روش و یا مدل پهنه‌بندی خطر زمین لغزش می‌باشد.

پس از به‌دست آمدن نرخ مربوط به هر کلاسه از عوامل مختلف از طریق محاسبه تعداد زمین لغزش در هر کلاسه، تعداد کل زمین لغزش منطقه مورد مطالعه، مساحت هر کلاسه و کل حوضه به هکتار و اعمال این نرخ‌ها بر روی نقشه عوامل، نقشه نهایی هر یک از عوامل به‌دست آمد. با روی هم‌گذاری این نقشه‌ها و جمع ارزش پیکسل‌های آنها، نقشه نهایی پهنه‌بندی به روش تراکم سطح در سه کلاسه همانند روش ارزش اطلاعاتی حاصل گردید.

ارزیابی و مقایسه کارایی روش‌های پهنه‌بندی: برای ارزیابی و طبقه‌بندی نقشه‌های خطر رانش زمین از دو شاخص نسبت دانسیته<sup>۱</sup> (Dr) و جمع مطلوبیت<sup>۲</sup> (QS) استفاده گردید (شریعت‌جعفری، ۲۰۰۶). شاخص نسبت دانسیته برای مقایسه کلاس‌های خطر در هر یک از نقشه‌ها به‌طور مستقل مورد استفاده قرار گرفته است.

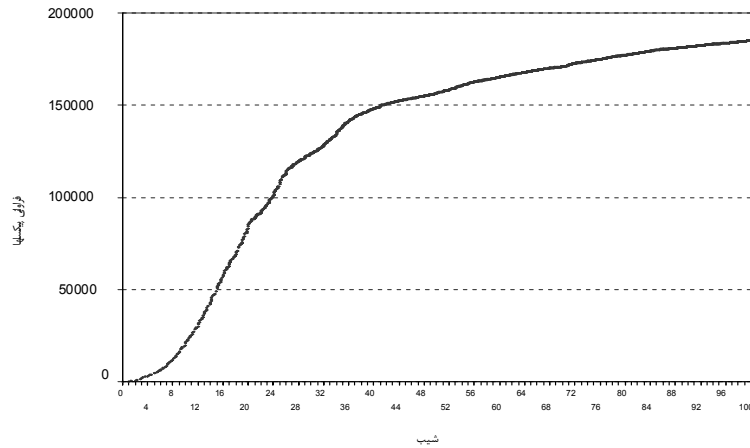
$$Dr = \frac{\frac{S_i}{A_i}}{\frac{\sum_{i=1}^n S_i}{\sum_{i=1}^n A_i}} \quad (3)$$

1- Density Ratio  
2- Quality Sum

## نتایج و بحث

شیب سری دو جنگل شصت کلاته آورده شده است. پر اثرترین و کم اثرترین کلاس‌های مربوط به هر کدام از عوامل در جدول ۲ آورده شده است.

نتایج به دست آمده از مقایسه و تقابل نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها با لایه‌های مختلف در شکل‌های ۴ و ۵ آمده است. در جدول ۱ تراکم زمین لغزش در طبقات



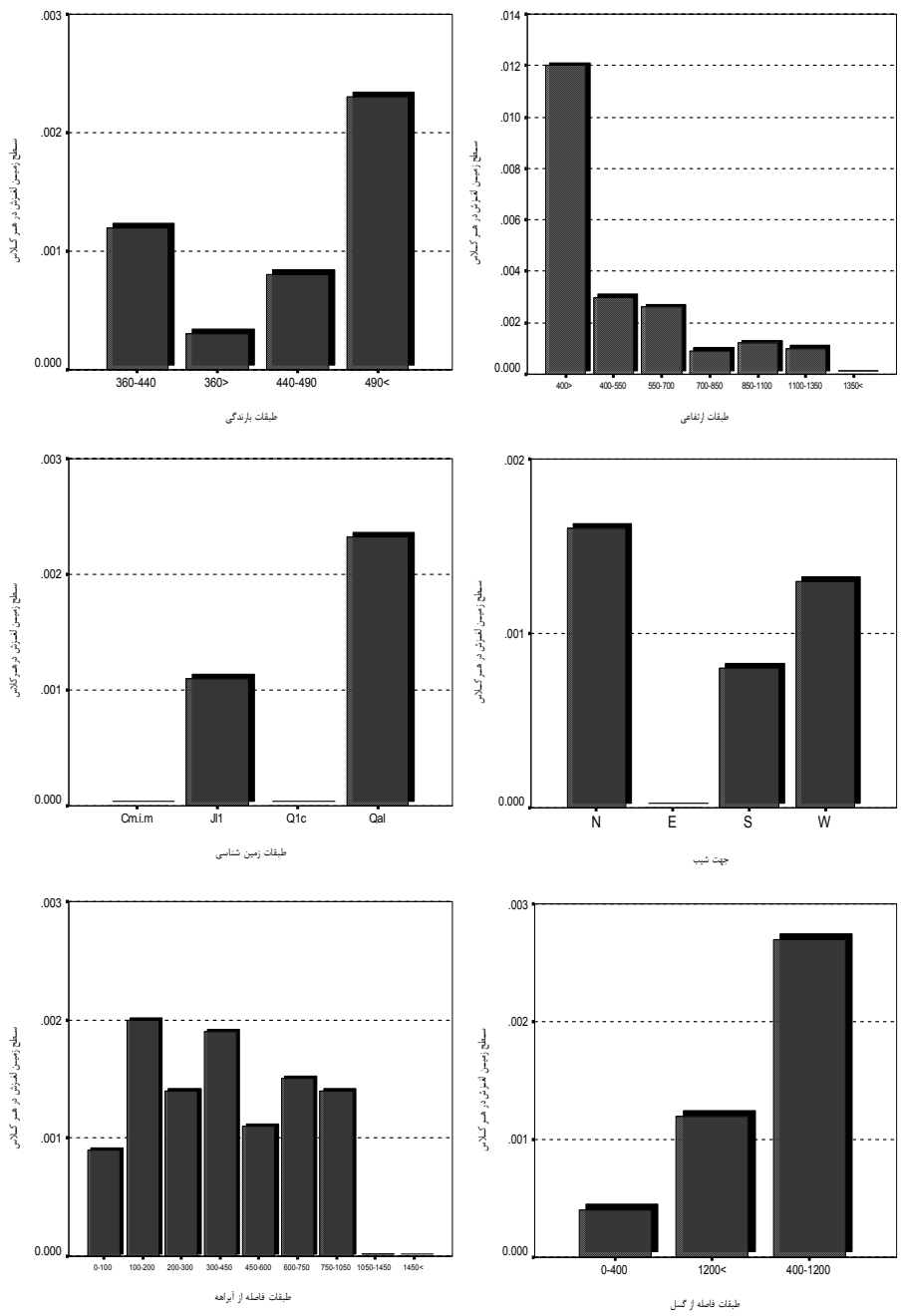
شکل ۳- نمودار فراوانی تجمع پیکسل‌ها برای کلاسه‌بندی شیب.

جدول ۱- تراکم زمین لغزش در طبقات شیب سری ۲ جنگل شصت کلاته.

کلاس	شیب (درصد)	مساحت هر کلاس (ha)	درصد	سطح زمین لغزش (ha)	درصد	نسبت سطح زمین لغزش به سطح هر کلاس
۱	<۸	۱۳۲/۸۶	۶/۶	۰	۰	۰
۲	۸-۱۳	۲۵۷/۹۷	۱۳	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۰۰۱۲
۳	۱۳-۲۰	۴۸۶/۴۴	۲۴	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۰۰۱۵
۴	۲۰-۲۶	۲۸۹/۲۹	۱۴	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۰۰۲۲
۵	۲۶-۳۲	۱۵۳/۰۵	۷/۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۰۰۱۱
۶	۳۲-۴۰	۲۰۲/۷۳	۱۰/۱۵	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۰۰۲۸
۷	۴۰-۵۷	۱۵۴/۵۸	۷/۷۵	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۰۰۱۴
۸	۵۷-۸۰	۱۴۰/۵۵	۷	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۰۰۰۱
۹	۸۰<	۱۷۹/۲۲	۹	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۰۰۱
سری ۲	-----	۱۹۹۶/۵	۱۰۰	۲/۷۷۵	۱۰۰	۰/۰۰۱۴

جدول ۲- پراثرترین و کم‌اثرترین کلاس‌های مربوط به هر کدام از عوامل.

عامل	کلاس	پراثرترین	کم‌اثرترین
طبقات ارتفاعی		<۴۰۰	>۱۳۵۰
شیب %		۴۰-۳۲	<۸
زمین شناسی		Qal	Cmim, Q1c
جهت		شمال	شرق
بارندگی (میلی‌متر)		>۴۹۰	<۳۶۰
فاصله از گسل (متر)		۴۰۰-۱۲۰۰	۰-۴۰۰
فاصله از آبراهه (متر)		۱۰۰-۲۰۰	>۱۴۵۰



شکل ۴- نسبت تراکم سطوح لغزشی در هر یک از کلاسه‌های عوامل موثر.

برای تفکیک واحدهای با دانسیته لغزش کمتر از حد نرمال، از واحدهای با دانسیته لغزش بیشتر از حد نرمال، از لگاریتم طبیعی استفاده گردید. استفاده از لگاریتم طبیعی در این مدل باعث می‌شود تا در مواقعی که دانسیته لغزش کمتر از نرمال است وزن‌های با نماد منفی بدهد و در مواردی که دانسیته لغزش بیشتر از حد نرمال است وزن‌های با نماد مثبت داشته باشیم (شریعت‌جعفری، ۲۰۰۶).

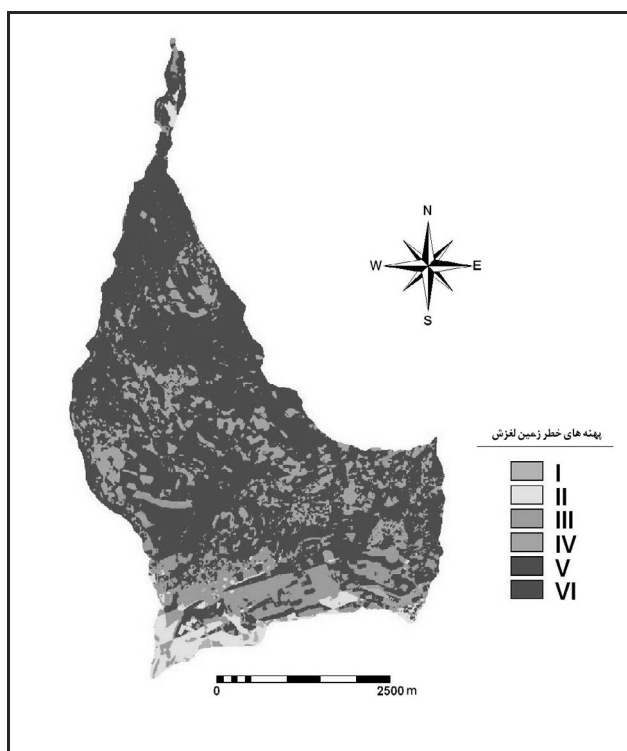
نتایج پهنه‌بندی به روش ارزش اطلاعاتی: با توجه به نرخ‌های به‌دست آمده برای کلاسه‌های عوامل مختلف (جدول ۳) نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش به‌دست آمد (شکل ۵). برای کلاسه‌بندی نقشه نهایی، از نمودار فراوانی تجمعی پیکسل‌ها استفاده شده است که قبلاً توضیح داده شد. اطلاعات آماری مربوط به نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش به‌روش ارزش اطلاعاتی در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۳- نرخ کلاس‌های عوامل وقوع زمین لغزش سری دو جنگل شصت کلاته در روش ارزش اطلاعاتی.

عامل کلاس	زمین‌شناسی	جهت	شیب	فاصله از آبراهه	ارتفاع	فاصله از گسل	بارندگی
۱	۰/۴۹	۰/۱۳	-۲۰	-۰/۴۴	۲/۱۴	-۱/۲۷	-۱/۵۶
۲	-۲۰	-۲۰	-۰/۱۶	۰/۳۵	۰/۷۶	۰/۶۵	-۰/۱۶
۳	-۰/۲۴	-۰/۵۶	۰/۰۶	۰	۰/۶۱	-۰/۱۶	-۰/۵۶
۴	-۲۰	-۰/۰۸	۰/۴۵	۰/۳	-۰/۴۴	---	۰/۴۹
۵	---	---	-۰/۲۴	۰/۵۷	-۰/۱۶	---	---
۶	---	---	۰/۶۹	۰/۰۶	-۰/۳۴	---	---
۷	---	---	۰	۰	-۲۰	---	---
۸	---	---	-۰/۳۴	-۲۰	---	---	---
۹	---	---	-۲/۶۵	-۲۰	---	---	---

جدول ۴- نتایج به دست آمده از نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش به روش ارزش اطلاعاتی.

شماره کلاس	مشخصه کلاس	سطح هر پهنه (ha)	نسبت سطح هر پهنه به سطح کل	سطح زمین لغزش در هر پهنه (ha)	نسبت سطح زمین لغزش در هر پهنه به سطح کل زمین لغزش
I	بدون خطر	۷/۲	۰/۰۰۳۶	۰	۰
II	خطر خیلی کم	۷۸/۸	۰/۰۳۹	۰	۰
III	خطر کم	۲۴۵/۹	۰/۱۲۳	۰/۰۱	۰/۰۰۳۶
IV	خطر متوسط	۳۶۸/۴	۰/۱۳۵	۰/۲۷	۰/۰۹۷
V	خطر زیاد	۱۶۳/۲	۰/۰۸۲	۰/۶	۰/۲۱۶
VI	خطر خیلی زیاد	۱۲۲۱/۹	۰/۶۱۵	۱/۸۹	۰/۶۸



شکل ۵- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش به روش ارزش اطلاعاتی در سری دو جنگل شصت کلاته.



نتایج به دست آمده از پهنه بندی به روش تراکم سطح:

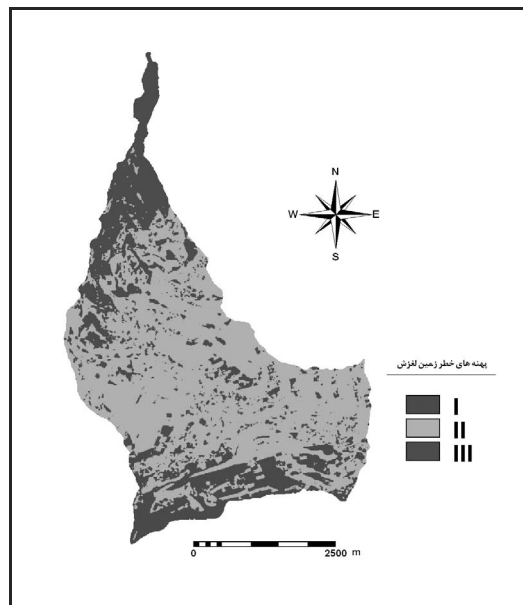
در جدول ۵ نرخ مربوط به هر کلاس از عوامل مختلف آمده است. برای به دست آوردن نقشه نهایی پهنه بندی در روش تراکم سطح مانند روش ارزش اطلاعاتی عمل می شود. اطلاعات آماری مربوط به نقشه نهایی پهنه بندی

خطر زمین لغزش به روش تراکم سطح در جدول ۶ آورده شده است.

در ارتباط با شاخص  $DI$ ، نتایج حاصل نشان می دهد (جدول ۷) که در ارتباط با پیش بینی خطر و تفکیک کلاس های خطر هر دو روش در کلاس های خطر بالا از دقت خوبی برخوردار می باشند.

جدول ۵- نرخ کلاس های عوامل وقوع زمین لغزش سری دو جنگل شصت کلاته در روش تراکم سطح.

عامل کلاس	زمین شناسی	جهت	شیب	ارتفاع	فاصله از آبراهه	فاصله از گسل	بارندگی
۱	۰/۹	۰/۲	-۱/۴	۱۰/۶	-۰/۵	-۱	-۱/۱
۲	-۱/۴	-۱/۴	-۰/۲	۲/۶	-۰/۶	۱/۳	-۰/۲
۳	-۰/۳	-۰/۶	۰/۱	۱/۲	۰	-۰/۲	-۰/۶
۴	-۱/۴	-۰/۱	۰/۸	-۰/۵	۰/۵	---	۰/۹
۵	---	---	-۰/۳	-۰/۲	-۰/۳	---	---
۶	---	---	۱/۴	-۰/۴	۰/۱	---	---
۷	---	---	۰	-۱/۴	۰	---	---
۸	---	---	-۰/۴	---	-۱/۴	---	---
۹	---	---	-۱/۳	---	-۱/۴	---	---



شکل ۶- نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش تراکم سطح در سری دو جنگل شصت کلاته.

جدول ۶- نتایج به دست آمده از نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش تراکم سطح.

کلاس خطر	سطح هر پهنه (ha)	نسبت سطح هر پهنه به سطح کل	سطح زمین لغزش در هر پهنه (ha)	نسبت سطح زمین لغزش در هر پهنه به سطح کل زمین لغزش
I	۳۲۷/۹	۰/۱۶۵	۰/۱۵۵	۰/۰۵۵
II	۱۳۳۶/۵	۰/۶۷۲	۱/۸۵	۰/۶۶
III	۳۲۲/۱۴	۰/۱۶۲	۰/۷۷	۰/۲۷۷

جدول ۷- مقادیر Dr در کلاس‌های مختلف نقشه‌های پهنه‌بندی خطرزمین لغزش.

مقدار شاخص Dr کلاس‌های خطر	روش ارزش اطلاعاتی	روش تراکم سطح
I	۰	۰/۴۷
II	۰	۱/۳۸
III	۰/۰۴	۲/۳۹
IV	۰/۰۰۵	---
V	۳/۶۷	---
VI	۱/۵۴	---

جدول ۸- مقادیر Qs روش‌های پهنه‌بندی خطرزمین لغزش.

روش‌های پهنه‌بندی	روش ارزش اطلاعاتی	روش تراکم سطح
مقادیر Qs	۱/۰۳۹	۰/۴۵۶

مطلوبیت روش ارزش اطلاعاتی در مقایسه با روش تراکم سطح نیز مطابقت دارد.

همچنین این نتایج با نتایج کلارستاقی (۲۰۰۱) هم‌خوانی دارد. در این تحقیق نیز شاخص Qs به‌دست آمده برای روش تراکم سطح نسبت به شاخص Qs روش ارزش اطلاعاتی کمتر می‌باشد. در مجموع با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق و مقایسه آن با تحقیقات انجام شده قبلی نشان داد که روش ارزش اطلاعاتی در مقایسه با روش تراکم سطح از کارایی نسبی بهتری در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه برخوردار بوده و می‌تواند به‌عنوان روش بهینه برای مناطق مشابه که دارای یک منطقه جنگلی بدون بهره‌برداری می‌باشند، معرفی گردد.

نتیجه حاصل شده از تحقیق فوق با تحقیق‌های صورت گرفته توسط کلارستاقی (۲۰۰۱) در حوضه آب‌خیز شیرین رود سد تجن مطابقت دارد. شاخص به‌دست آمده برای روش تراکم سطح نسبت به شاخص روش ارزش اطلاعاتی در هر دو تحقیق کمتر می‌باشد.

سفیدگری (۲۰۰۲) و سیارپور (۱۹۹۹) در ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی نتیجه گرفته‌اند که روش آماری ارزش اطلاعاتی نتایج قابل قبول و رضایت بخشی را ارائه می‌نماید، همان نتایج در این تحقیق نیز مشخص گردید. همان‌گونه در این تحقیق مشخص گردید، شاخص Qs در روش ارزش اطلاعاتی بالاتر از مقدار این شاخص در روش تراکم سطح می‌باشد (جدول ۸). نتیجه این تحقیق با نتایج فتاحی اردکانی (۲۰۰۰) مبنی بر کارایی و

## منابع

- Ahmadi, H., Esmali, A., Feiznia, S., and Shariatjafari, M. 2003. Mass movements hazard zonation with two multipieregression and analytical hierarchy process methods. Iranian journal of natural resources. 56: 4. 323-336 pp.
- Golestan Natural Resources office. 2001. Shast kalateh forest plan, 225 p.
- Fattahi ardakani, M.A. 2000. Investigation and evaluation on land slide zonation models, remote sensing and GIS in the Latian watershed. MSc. Thesis. Emam khomani educational center, 181p.
- Feiznia, S., Kalarstagh, A., Ahmadi, H., and Safaei, M. 2004. An investigation of effective factors on landslide occurrence and landslide hazard zonation: case study Shirin rood drainage basin-Tajan Dam. Iranian journal of natural resources, 57:1. 3-20.
- Kalarstagh, A. 2001. Investigation on effective factors on landslides occurrence. MSc. Thesis. Tehran University, 141p.
- Sarolee, K.M. 2001. Statistical Analysis of landslide susceptibility at Youngling, Korea, Environmental Geology, 40: 1095-1113.
- Sayyarpour, M. 1999. The potential landslide hazard zonation in southern of Khalkhal, Ardabil province. MSc. Thesis. Tehran University, 173p
- Sefidgari, R. 2002. evaluation investigation on landslide hazard methods in Damavand watershed. MSc. Thesis. Tehran University, 159p.
- Shariat jafari, M., and Hamedpanah, R. 2006. Hazard prediction of unstable land slides and slopes using fuzzy logic operators, Iranian journal of natural resources: 60: 3. 745-757.

**Efficiency assessment of two statistical land slid hazard zonation models  
Models: valuing information and valuing area accumulation  
(Case study: Shastkalate forest, Gorgan)**

**H. Afjei Nasrabadi<sup>1</sup>, \*Sh. Shataei<sup>2</sup>, N. Rafatnia<sup>2</sup> and M. Shariat Jafari<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Former M.Sc. Student, Dept. of Forestry, Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources,  
<sup>2</sup>Assistant Prof., Dept. of Forestry, Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources, <sup>3</sup>Lecturer  
Research of Soil Conservation and Watershed Management Research Center

---

**Abstract**

Identification of susceptible areas to landslide occurrence is one of the basic measures to reduce the possible risk and hazard management. The main aim of this research was to compare applicability of two statistical landslide hazard zonation models (valuing information and valuing area accumulation) in the Shastkalate forest, Gorgan, Golestan province. By using fielding works, the occurred land slides in the study area were gathered and rectified by GPS. The occurred land slides map was generated using GIS software. By review of previous works and field works, the seven following factors were recognized as primary effective factors on the landslide occurrence: altitude, slope, aspect, rainfall, geology, distance from fault, and distance from hydrographic network. After preparing the map for above-mentioned factors in GIS, these maps were crossed with the occurred landslide map. Landslides amounts and their areas were computed in each class. After determining the rate of each factor (element), land slide zonation was performed in GIS by statistical models i.e., valuing information and valuing area accumulation according to area density and the weighted quantitative amounts. The efficiency of output results of models was assessed by DR and QS indices. The results of DR index showed that both models had better functioned to recognize the hazard classes with high danger than ones with low danger. The results showed that in the study area that was analyzed by QS index, the valuing information model with  $QS=1.039$  had relative desirability than the valuing area accumulation with  $QS=0.45$ .

**Keywords:** Forest area; Landslide zonation; Statistical models; Valuing information; Valuing area accumulation; Efficiency assessment