دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

تخمین احتمال بزرگی زمین‌لغزش‌های رخ‌داده در حوزه آبخیز پیوه‌ژن (استان خراسان رضوی)

حمیدرضا پورقاسمی

استادیار بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
(نویسنده مسوول: hr.pourghasemi@shirazu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۵/۵/۲ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۵

چکیده

اطلاع از تعداد، مساحت و فراوانی زمین‌لغزش‌های رخ‌داده در هر منطقه، نقش مهمی در ارزیابی درازمدت منطقه تحت تاثیر زمین‌لغزش داشته و به‌منظور تحلیل حساسیت، خطر و ریسک زمین‌لغزش استفاده می‌شود. در این ارتباط، پژوهش حاضر تلاش می‌کند تا به بررسی احتمال بزرگی زمین‌لغزش‌های شناسایی‌شده در حوزه آبخیز پیوه‌ژن در استان خراسان رضوی پرداخته شود. در اولین مرحله، با استفاده از تصاویر گوگل ارث و بازدیدهای گسترده میدانی نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها تهیه گردید. در مرحله بعد، با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS و جعبه ابزار XTools Pro، مساحت هر یک از لغزش‌ها تعیین گردید. متعاقباً، احتمال بزرگی زمین‌لغزش‌های شناسایی شده در منطقه مورد مطالعه با استفاده از توابع چگالی احتمالی Double Pareto، Double Pareto ساده‌شده و گامای معکوس در نرم‌افزار R، محاسبه گردید. هم‌چنین در پژوهش حاضر به‌منظور بهینه‌سازی ضرایب تخمینی از دو روش ناپارامتریک تخمینی چگالی هیستوگرام (HDE) و چگالی کرنل (KDE) و روش پارامتریک تخمینی بیشینه احتمال (ML) استفاده گردید. نتایج تابع چگالی احتمال نشان داد که روش‌های تخمین ناپارامتریک (HDE و KDE) نتایج قابل قبولی برای کل لغزش‌ها داشتند، اگرچه روش بیشینه احتمال نتایج خوبی ارائه نکرده است. هم‌چنین نتایج احتمال رخداد لغزش بیان‌گر شباهت مدل‌های Double Parreto ساده شده و گامای معکوس با روش‌های مختلف بهینه‌سازی بوده، هرچند نتایج مدل DP با کم‌تخمینی همراه بوده و نتوانسته برآورد صحیحی از احتمال بزرگی لغزش‌ها ارائه دهد.

واژه‌های کلیدی: احتمال بزرگی زمین‌لغزش، تابع چگالی احتمال، تکنیک‌های بهینه‌سازی، حوزه آبخیز پیوه‌ژن

مقدمه

در سال‌های اخیر به دلیل افزایش جمعیت، استفاده بیش از حد از منابع طبیعی و بالطبع بر هم زدن تعادل منابع مذکور، بلایای طبیعی جزیی از زندگی انسان‌ها گردیده است. با توجه به افزایش پنج برابریِ فراوانی وقوع بلایای طبیعی در دهه‌های اخیر (۲۰۱۰-۱۹۰۰)، رشد ۳/۵ برابری در تلفات اقتصادیِ ناشی از آن و هم‌چنین افزایش شش برابریِ خسارات بیمه‌ایِ مرتبط، هنوز باید منتظر حوادث ناگوارتری در این زمینه بود (۱۹). در این میان، پدیده زمین‌لغزش به‌عنوان یکی از مهم‌ترین فرآیندهای ژئومورفولوژیکی مناطق کوهستانی و مرطوب محسوب شده (۲۰) که بعد از سیل و زلزله به‌عنوان سومین بلایای طبیعی در دنیا (۱۴) شناخته می‌شود که هر ساله رخداد آن در مناطق مستعد این پدیده، خسارت‌ها و صدمات قابل ملاحظه‌ای به‌بار می‌آورد. گزارش‌ها حاکی از آن است که هرساله در کشورهای درحال توسعه بیش از ۰/۵ درصد از تولید ناخالص ملی تحت تاثیر زمین لغزش از بین می‌رود (۳). بنابراین به‌منظور کاهش و یا کنترل خسارت‌های ناشی از وقوع زمین‌لغزش، تهیه نقشه‌های حساسیت، خطر و ارزیابی ریسک زمین‌لغزش امری ضروری است (۱،۲۲). برای نیل به این هدف، ابتدا باید مولفه‌های ایجاد خسارت را تعیین و بر اساس آن‌ها ارزیابی خسارت انجام پذیرد. یکی از مولفه‌های مهم در این راستا تخمین احتمال بزرگی زمین‌لغزش‌هاست (۲۱). از آن‌جایی که تخمین احتمال بزرگی زمین‌لغزش‌ها نقش به‌سزایی در برآورد خطر زمین‌لغزش دارد، بنابراین لازم است در هر پژوهشی مرتبط با خطر و متعاقباً ریسک زمین‌لغزش، احتمال بزرگی آن (لغزش‌ها) به‌صورت کمی محاسبه و برآورد گردد (۱۲). تحقیقات متنوعی در زمینه تخمین احتمال بزرگی زمین‌لغزش و متعاقباً تهیه نقشه خطر و ریسک زمین‌لغزش (۲،۹،۱۰،۱۱،۱۲،۱۶،۱۷،۱۸،۲۰) در نقاط مختلف دنیا مشاهده شده است که چند مورد از آن در این بخش توضیح داده می‌شود. Guzzetti و همکاران به بررسی و ارزیابی خطر زمین‌لغزش در حوزه آبخیز Staffora در شمال آپنین کشور ایتالیا پرداختند. در این پژوهش اقدام به تهیه نقشه‌های خطر زمین‌لغزش برای لغزش‌هایی با مساحت ۲۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ متر مربع گردید. شایان ذکر است که به‌منظور تخمین احتمال بزرگی زمین‌لغزش نیز از دو الگوریتم Double Pareto و Inverse Gamma (گامای معکوس) استفاده گردید (۱۰). Galli و همکاران به مقایسه نقشه‌های پراکنش زمین‌لغزش در کشور ایتالیا پرداختند. پس از مقایسه روش‌های مختلف در تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش، به‌منظور تخمین بزرگی زمین لغزش از دو الگوریتم Double Pareto و گامای معکوس استفاده گردید (۶). Jaiswal و همکاران به ارزیابی خطر زمین‌لغزش در جنوب کشور هندوستان پرداختند. به این منظور ابتدا نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. نهایتاً بر اساس طول دوره آماری ۲۱ ساله، اقدام به تهیه نقشه‌های خطر زمین‌لغزش برای دوره‌های ۱، ۳، ۵، ۱۵، ۲۵ و ۵۰ سال و لغزش‌هایی با حجم‌های ۱۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ مترمکعب با الگوریتم گامای معکوس گردید (۱۳). Das و همکاران به ارزیابی احتمال خطر زمین‌لغزش در شمال هیمالیا

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

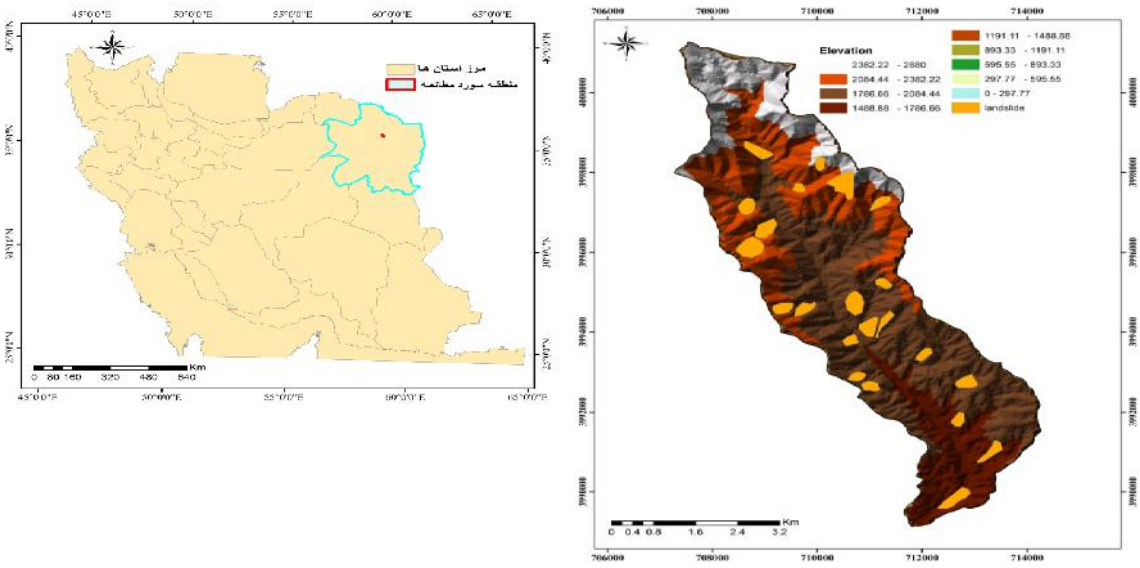
[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.170]

(هندوستان) پرداختند. در این پژوهش به‌منظور تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش از مدل رگرسیون لجستیک استفاده گردید. سپس اقدام به تهیه نقشه‌های خطر زمین‌لغزش برای احتمال وقوع‌های ۱، ۵ و ۱۰ سال و برای لغزش‌هایی با مساحت‌های مساوی یا بزرگتر از ۸۰۰ و ۵۰۰۰ متر مربع با الگوریتم گامای معکوس گردید (۴). Wu و Chen اقدام به تخمین حساسیت، بزرگی و فراوانی زمین‌لغزش‌های رخداده برای تهیه نقشه خطر زمین‌لغزش در حوزه آبخیز Shihmen کشور تایوان کردند. در این پژوهش به‌منظور تخمین بزرگی زمین‌لغزش از الگوریتم گامای معکوس استفاده گردید. سپس بر اساس طول دوره آماری ۱۵ ساله اقدام به تهیه نقشه‌های خطر زمین‌لغزش با دوره‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله گردید (۲۳). Li و همکاران در تحقیقی جهت بررسی اندازه زمین‌لغزش‌ها روی نرخ توزیع آن‌ها در بارش‌هایی با شدت‌های مختلف از الگوریتم‌های Double Pareto و گامای معکوس استفاده کردند. در این تحقیق زمین‌لغزش‌هایی با مساحت‌های بین ۱۰۰۰۰-۱۰۰ مترمربع مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود Double Pareto در مقایسه با گامای معکوس دارای انحراف معیار کم‌تری در برآورد مقادیر هر یک از اجزاء مدل داشته در حالی‌که در برآورد میزان غلظش انتهای لغزش‌ها، گامای معکوس دقتی بیش‌تر ارائه کرده است (۱۵). به‌عنوان یک جمع‌بندی از سابقه تحقیق ارائه شده می‌توان اظهار داشت که هیچ تلاشی مبنی بر تعیین احتمال بزرگی لغزش‌های اتفاق‌افتاده در حوزه‌های آبخیز کشور تاکنون در منابع مشاهده و گزارش نشده است که می‌تواند نوآوری تحقیق حاضر محسوب گردد. بنابراین هدف از تحقیق حاضر، بررسی احتمال بزرگی زمین‌لغزش‌های شناسایی‌شده در حوزه آبخیز پیوه‌ژن در استان خراسان رضوی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، حوزه آبخیز پیوه‌ژن بوده که در جنوب غربی شهرستان مشهد در استان خراسان رضوی قرار دارد. این منطقه، بخشی از دامنه‌های جنوبی کوه بینالود می‌باشد که مساحت تقریبی آن ۳۱۲۱ هکتار است که بین عرض‌های "۲۸ ′۰۱ °۳۶ تا "۵۶ ′۰۷ °۳۶ شمالی و طول‌های جغرافیایی "۰۱ ′۱۸ ۵۹ تا "۵۲ ′۲۲ ۵۹ شرقی استقرار یافته است. ارتفاع کمینه و بیشینه منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۱۶۰۰ و ۲۶۸۰ متر می‌باشد (شکل ۱). شیب منطقه مورد مطالعه از صفر تا ۵۱ درجه متغیر هست. سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه متنوع بوده اگرچه ۷۱/۶۰ درصد از منطقه را واحدهای سری مایان که متشکل از فیلیت، شیل، ماسه‌سنگ و کوارتزیت هستند، تشکیل داده است. از نظر نوع کاربری اراضی، ۷۲/۵۱ درصد از کاربری منطقه را اراضی مرتعی تشکیل داده و حداقل و حداکثر میانگین بارش سالانه بین ۳۰۲-۴۸۰ میلی‌متر متغیر هست.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان خراسان رضوی
Figure 1. The study area in Iran and Razavi Khorasan Province

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.170]

روش تحقیق

روش تحقیق تخمین احتمال بزرگی زمین‌لغزش‌های رخداده در حوزه آبخیز پیوه‌ژن به صورت نمودار جریانی در شکل ۲ ارائه شده است.

تهیه نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های منطقه مورد مطالعه

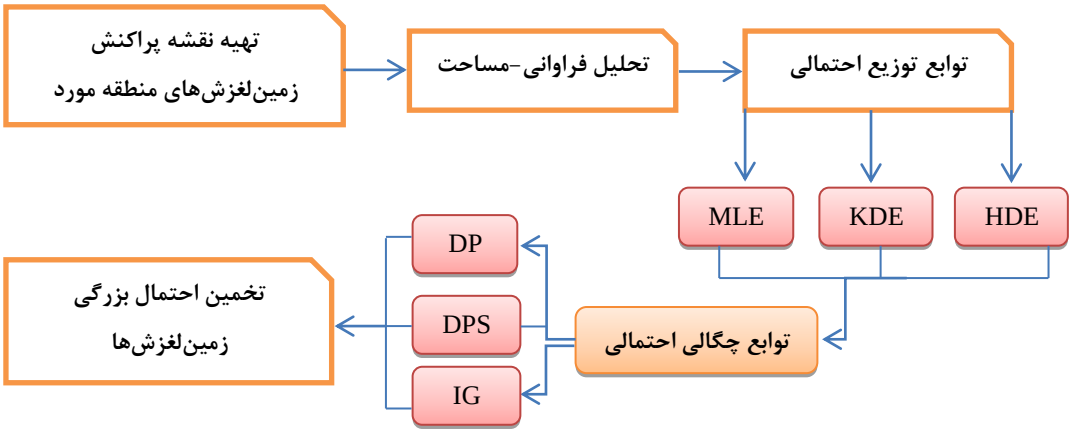
در تحقیق حاضر تلاش گردیده از بین عوامل موثر در تهیه نقشه خطر زمین‌لغزش، احتمال بزرگی آن (P_E) برآورد گردد. به این منظور، در ابتدا موقعیت زمین‌لغزش‌های منطقه مورد مطالعه با استفاده از تصاویر گوگل ارث و مطالعات گسترده میدانی مشخص گردید. در مجموع ۲۲ زمین‌لغزش در منطقه شناسایی و نقشه پراکنش آن در محیط نرم‌افزار ArcGIS 9.3 تهیه شد (شکل ۱).

تعیین احتمال بزرگی لغزش‌های شناسایی‌شده

به‌طور کلی، خطر زمین‌لغزش عبارت از احتمال رخداد یک لغزش با بزرگی معین، در یک دوره زمانی مشخص و در یک منطقه معین است (۲۱). به‌عبارتی، خطر زمین‌لغزش علاوه بر تخمین مکان لغزش، زمان لغزش، فراوانی و حتی احتمال بزرگی آن را نیز توصیف می‌کند (۷). خطر زمین‌لغزش عموماً به ارزیابی و تخمین لغزش‌های اتفاق افتاده در آینده می‌پردازد و به عبارتی تعیین آن در مقایسه با حساسیت‌پذیری، سخت‌تر بوده و حساسیت‌پذیری جزیی از خطر است (۵). به‌منظور تخمین خطر زمین‌لغزش از رابطه ۱ (۷) استفاده می‌گردد.

رابطه۱ $$H = P_S * P_E * P_T$$

که در آن: H خطر زمین‌لغزش، P_S احتمال مکان رخداد واقعه یا حساسیت‌پذیری، P_E احتمال رخداد یک حادثه یا واقعه با اندازه[1] (بزرگی) مشخص و P_T احتمال زمان رخداد واقعه مذکور است.



شکل ۲- نمودار جریانی تخمین احتمال بزرگی زمین‌لغزش‌های رخداده در حوزه آبخیز پیوه‌ژن
Figure 2. Flowchart of landslide size probability of occurred landslides in Pivejan Watershed

به‌منظور تعیین بزرگی زمین‌لغزش از رابطه همبستگی فراوانی- مساحت[2] (۲،۹،۱۱،۱۶) استفاده گردید. اندازه لغزش‌ها و به‌ویژه مساحت زمین‌لغزش‌های رخداده نماینده بسیار خوبی برای بیان بزرگی زمین‌لغزش محسوب می‌شوند (۱۸). بنابراین در پژوهش حاضر پس از تخمین مساحت لغزش‌های رخداده در محیط نرم‌افزار ArcGIS و QGIS، از سه نوع تابع چگالی احتمالی Double Pareto (DP) (۲۰)، Double Pareto ساده‌شده[3] (۱۸) و گامای معکوس[4] (۱۶) استفاده شد. توزیع‌های مذکور ثابت کرده‌اند که در مدلسازی اندازه (سایز) پدیده‌های مختلف در علوم زمین و علوم زیستی بسیار کارآمد و مفید هستند (۱۶). بر این اساس، جهت برآورد احتمال لغزش‌های مساوی یا بزرگ‌تر از یک مساحت مشخص به‌ترتیب از رابطه‌های ۲ تا ۴ استفاده گردید (۸،۱۷،۱۸).

رابطه ۲ $$pdf(x|\alpha,\beta,t,c,m) = \left[\beta/t\left(1-\left(\frac{1+(m/t)^{-\alpha}}{1+(c/t)^{-\alpha}}\right)^{(\beta/\alpha)}\right)\right]\left[\frac{(1+(m/t)^{-\alpha})^{(\beta/\alpha)}}{(1+(m/t)^{-\alpha})^{(1+\beta/\alpha)}}(x/t)^{(-\alpha-1)}\right]$$

رابطه۳ $$pdf(x|\alpha,\beta,t) = \frac{\beta(t/\alpha)}{(1+(x/t)^{-\alpha})^{(1+(\beta/\alpha))}\,(x^{(\alpha+1)})}$$

رابطه۴ $$pdf(x|\alpha,\eta,\lambda) = \left[\frac{\lambda^{(2\alpha)}}{\Gamma(\alpha)}\right]\left[\left(\frac{1}{x+\eta^2}\right)^{(\alpha+1)}\right]\exp\left[-\left(\frac{\lambda^2}{x+\eta^2}\right)\right]$$

1- Size 2- Frequency-Area 3- Double Pareto Simplified (DPS) 4- Inverse Gamma (IG)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.170]

که در آن:α پارامتر کنترلی شیب تابع چگالی احتمالی برای مقادیر بالا (لغزش‌های بزرگ و متوسط)؛ β و η پارامتر کنترلی شیب برای مقادیر پایین (لغزش‌های کوچک)؛ t و λ مقدار بیشینه توابع چگالی مذکور؛ c و m کمینه و بیشینه مقادیر سطح، $\Gamma(\alpha)$ مقدار تابع گاما، x مساحت لغزش و pdf: تابع چگالی احتمالی است. هم‌چنین در پژوهش حاضر به منظور بهینه‌سازی ضرایب تخمینی سه تابع چگالی احتمالاتی فوق، از دو روش ناپارامتریک (به‌ترتیب رابطه‌های ۵ و ۶) تخمینی چگالی هیستوگرام (HDE[1]) و چگالی کرنل (KDE[2]) و روش پارامتریک تخمینی بیشینه احتمال (MLE[3]) استفاده گردید (۱۸).

رابطه ۵ $$\hat{f}(x) = {}^{1}/_{nh}$$

رابطه ۶ $$\hat{f}(x) = {}^{1}/_{nh}\sum_{i=1}^{n} k(x - X_i/h)$$

که در آن h: پهنای باند هیستوگرام، n: تعداد نمونه، k: تابع هسته کرنل است.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به تعیین پارامترهای هر یک از توابع توزیع احتمالی Double Pareto (DP)، Double Pareto ساده شده (DPS) و گامای معکوس (IG)، با استفاده از الگوریتم نوشته شده در نرم‌افزارهای R و Q-GIS (۱۸) در تخمین احتمال بزرگی زمین‌لغزش‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- بهینه‌سازی ضرایب تخمینی توابع توزیع احتمالی مختلف در تخمین احتمال بزرگی زمین‌لغزش‌ها

Table 1. Optimization of calculated coefficients probability density functions for landslides size probability estimation

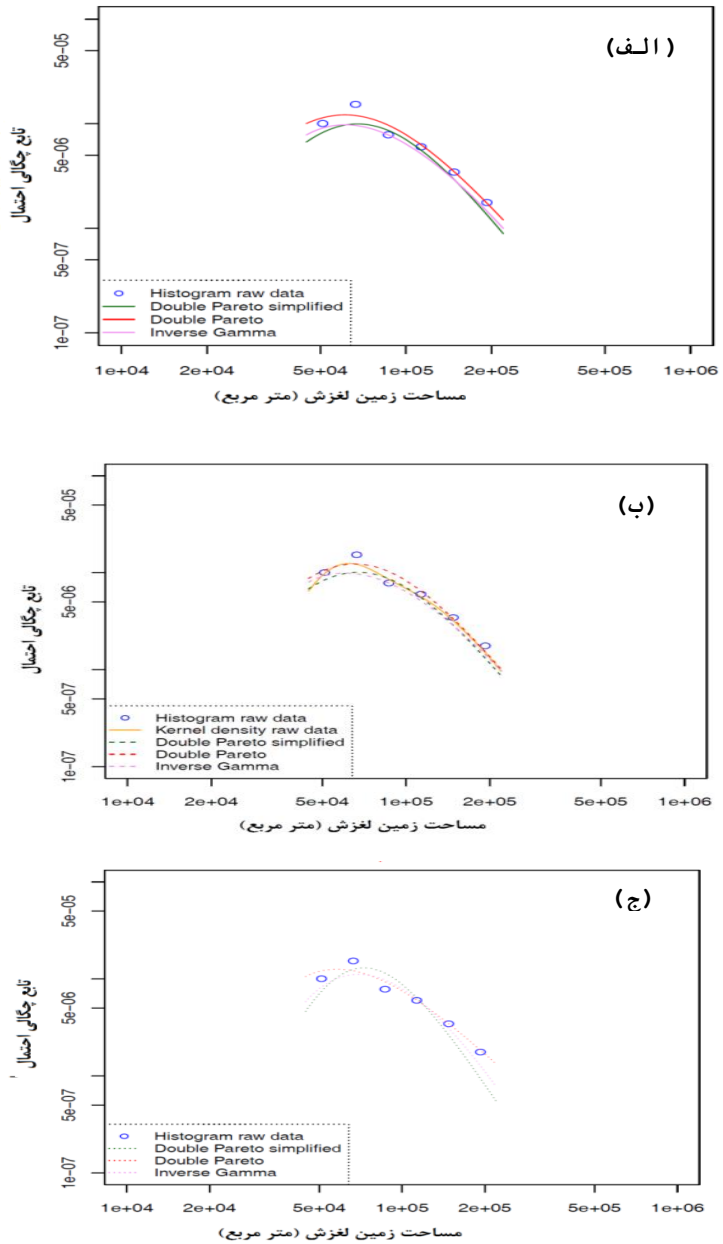
توابع توزیع احتمال	ضرایب		روش‌های بهینه‌سازی		
			HDE	KDE	MLE
DP	مقادیر تخمینی	∝	۲/۱۹	۲/۵۲	۱/۸۲
		β	۵	۵	۲۰
		t	۵۵۰۱۷/۴۲	۶۲۳۴۴/۳۵	۲۰۳۴۰/۵۶
		c	۴۴۶۳۰/۵۷	۴۴۶۳۰/۵۷	۴۴۶۳۰/۵۷
		m	۲۱۹۸۹۲/۳۹	۲۱۹۸۹۲/۳۹	۲۱۹۸۹۲/۳۹
DPS	مقادیر تخمینی	∝	۲/۵۴	۲/۵۶	۳/۳۲
		β	۵	۵	۷/۵
		t	۶۴۳۶۵/۷۷	۶۴۱۹۳/۱۱	۶۴۳۱۶/۸۷
IG	مقادیر تخمینی	∝	۳/۰۹	۳/۱۲	۴/۶۹
		η	۱	۱	۰/۳۳
		λ	۵۰۰	۵۰۰	۶۲۸/۱۴

هم‌چنین در پژوهش حاضر به‌منظور بهینه‌سازی ضرایب تخمینی از روش‌های HDE، KDE و MLE استفاده گردید (جدول ۱). از طرف دیگر، نتایج مربوط به چگالی احتمال و احتمال رخداد زمین‌لغزش‌های مشاهده شده (احتمال بزرگی لغزش‌ها) در منطقه مورد مطالعه بر اساس توابع توزیع احتمالاتی مختلف (DP، DPS و IG) و روش‌های مختلف بهینه‌سازی (HDE، KDE و MLE) به ترتیب در شکل ۳ و جدول ۲ ارائه شده است.

1- Histogram Density Estimation (HDE) 2- Kernel Density Estimation (KDE) 3- Maximum Likelihood Estimation (MLE)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.170]



شکل ۳- مقایسه چگالی احتمال لغزش‌های رخداده: الف) HDE ب) KDE ج) MLE

Figure 3. Comparison of occurred landslides probability density: a) HDE, b) KDE), and c) MLE

یکی از عامل‌های موثر در تهیه نقشه خطر زمین‌لغزش با احتمال وقوع‌های مختلف، بررسی احتمال بزرگی لغزش‌های اتفاق افتاده در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. Stark و Hovius اظهار نمودند که شناسایی توزیع اندازه (احتمال بزرگی) لغزش نقش به‌سزایی در تخمین اثرات یکپارچه ناشی از توسعه سطح زمین‌لغزش و تولید فرسایش و رسوب ناشی از آن دارد (۲۰). نتایج بررسی چگالی احتمال (جدول ۱ و شکل ۳) و احتمال بزرگی لغزش‌های اتفاق‌افتاده (جدول ۲) بیانگر نتایج مشابه توابع توزیع احتمالی مختلف (Double Pareto ساده شده و گامای معکوس) و روش‌های متنوع بهینه‌سازی ضرایب تخمینی بوده است که با نتایج Guzzetti و همکاران در ایتالیا؛ Rossi و همکاران، در کشورهای ایتالیا، هندوستان، تایوان و چین و Riguer و Rossi در Beichuan کشور چین کاملاً مطابقت دارد (۱۰،۱۷،۱۸).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.170]

جدول ۲- مقایسه احتمال رخداد زمین‌لغزش‌های مشاهده شده در منطقه مورد مطالعه با روش‌های بهینه‌سازی مختلف الف) HDE ب) KDE ج) MLE

Table 2. Comparison of occurred probability of observed landslides in the study area using different optimization techniques a) HDE, b) KDE, and c) MLE

شماره لغزش ها	مساحت لغزش ها (متر مربع)	HDE			KDE			ML		
		DP	DPS	IG	DP	DPS	IG	DP	DPS	IG
۱	۴۴۶۳۰	۰/۸۵۴	۰/۹۱۷	۰/۹۱۰	۰/۸۸۸	۰/۹۱۵	۰/۹۰۷	۰/۸۷۸	۰/۹۶۴	۰/۹۵۴
۲	۵۵۷۹۰	۰/۷۲۹	۰/۸۲۷	۰/۸۱۱	۰/۷۷۳	۰/۸۲۴	۰/۸۰۶	۰/۷۴۵	۰/۸۸۵	۰/۸۶۶
۳	۵۷۹۷۱	۰/۷۰۳	۰/۸۰۷	۰/۷۹۰	۰/۷۴۸	۰/۸۰۳	۰/۷۸۴	۰/۷۱۸	۰/۸۶۳	۰/۸۴۴
۴	۵۸۵۳۰	۰/۶۹۶	۰/۸۰۲	۰/۷۸۴	۰/۷۴۱	۰/۷۹۸	۰/۷۷۹	۰/۷۱۱	۰/۸۵۷	۰/۸۳۸
۵	۶۲۵۷۸	۰/۶۴۷	۰/۷۶۳	۰/۷۴۵	۰/۶۹۲	۰/۷۵۸	۰/۷۳۹	۰/۶۶۰	۰/۸۱۲	۰/۷۹۶
۶	۶۴۷۲۱	۰/۶۲۱	۰/۷۴۲	۰/۷۲۴	۰/۶۶۶	۰/۷۳۶	۰/۷۱۷	۰/۶۳۳	۰/۷۸۶	۰/۷۷۲
۷	۶۷۵۰۸	۰/۵۸۷	۰/۷۱۴	۰/۶۹۷	۰/۶۳۱	۰/۷۰۸	۰/۶۹۰	۰/۶۰۰	۰/۷۵۲	۰/۷۴۲
۸	۶۹۰۵۲	۰/۵۶۹	۰/۶۹۹	۰/۶۸۲	۰/۶۱۲	۰/۶۹۳	۰/۶۷۵	۰/۵۸۱	۰/۷۳۲	۰/۷۲۴
۹	۷۰۵۹۴	۰/۵۵۱	۰/۶۸۳	۰/۶۶۸	۰/۵۹۳	۰/۶۷۷	۰/۶۶۱	۰/۵۶۳	۰/۷۱۲	۰/۷۰۷
۱۰	۷۶۹۹۱	۰/۴۷۸	۰/۶۲۱	۰/۶۱۰	۰/۵۱۷	۰/۶۱۴	۰/۶۰۲	۰/۴۹۱	۰/۶۲۹	۰/۶۳۷
۱۱	۸۷۹۹۸	۰/۳۶۶	۰/۵۲۱	۰/۵۱۹	۰/۳۹۸	۰/۵۱۳	۰/۵۱۰	۰/۳۸۲	۰/۴۹۶	۰/۵۲۴
۱۲	۸۹۱۴۱	۰/۳۵۵	۰/۵۱۲	۰/۵۱۰	۰/۳۸۶	۰/۵۰۴	۰/۵۰۲	۰/۳۷۱	۰/۴۸۳	۰/۵۱۳
۱۳	۹۷۷۵۸	۰/۲۷۹	۰/۴۴۴	۰/۴۴۹	۰/۳۰۶	۰/۴۳۶	۰/۴۴۰	۰/۲۹۹	۰/۳۹۶	۰/۴۳۷
۱۴	۱۰۱۶۲۵	۰/۲۴۹	۰/۴۱۷	۰/۴۲۴	۰/۲۷۴	۰/۴۰۸	۰/۴۱۶	۰/۲۷۰	۰/۳۶۱	۰/۴۰۶
۱۵	۱۰۴۷۹۹	۰/۲۲۵	۰/۳۹۵	۰/۴۰۵	۰/۲۴۹	۰/۳۸۷	۰/۳۹۶	۰/۲۴۷	۰/۳۳۵	۰/۳۸۲
۱۶	۱۲۰۹۴۴	۰/۱۲۳	۰/۳۰۴	۰/۳۲۱	۰/۱۴۳	۰/۲۹۷	۰/۳۱۳	۰/۱۴۹	۰/۲۳۱	۰/۲۸۱
۱۷	۱۲۴۳۸۶	۰/۱۰۵	۰/۲۸۸	۰/۳۰۵	۰/۱۲۴	۰/۲۸۱	۰/۲۹۸	۰/۱۳۲	۰/۲۱۴	۰/۲۶۳
۱۸	۱۳۴۶۱۶	۰/۰۵۶	۰/۲۴۶	۰/۲۶۵	۰/۰۷۶	۰/۲۳۹	۰/۲۵۸	۰/۰۸۵	۰/۱۷۱	۰/۲۱۷
۱۹	۱۴۴۹۱۷	۰/۰۱۵	۰/۲۱۱	۰/۲۳۱	۰/۰۳۶	۰/۲۰۴	۰/۲۲۴	۰/۰۴۴	۰/۱۳۷	۰/۱۷۹
۲۰	۱۵۹۸۱۷	-۰/۰۳۳	۰/۱۷۱	۰/۱۹۱	-۰/۰۱۰	۰/۱۶۵	۰/۱۸۵	-۰/۰۰۴	۰/۱۰۲	۰/۱۳۷
۲۱	۱۹۵۵۴۱	-۰/۱۱۲	۰/۱۰۸	۰/۱۲۵	-۰/۰۸۲	۰/۱۰۴	۰/۱۲۰	-۰/۰۸۵	۰/۰۵۴	۰/۰۷۵
۲۲	۲۱۹۸۹۲	-۰/۱۴۶	۰/۰۸۲	۰/۰۹۶	-۰/۱۱۲	۰/۰۷۸	۰/۰۹۲	-۰/۱۲۲	۰/۰۳۷	۰/۰۵۲

هم‌چنین نتایج Malamud و همکاران در سه کشور امریکا، ایتالیا و گواتمالا نیز بیان‌گر دقت قابل‌توجه تابع توزیع احتمال گامای معکوس در تخمین بزرگی زمین‌لغزش بوده است (۱۶). از طرف دیگر مقایسه دو توزیع Double Pareto و گامای معکوس توسط Galli و همکاران در سه حوزه آبخیز ایتالیا نیز بیان‌گر دقت یکسان و نتایج مشابه توابع مذکور بوده است، اگر چه در تحقیق حاضر دقت تخمین مدل Double Pareto در مقایسه با دو روش دیگر تا حدودی متفاوت بوده است (۶). هم‌چنین دقت در شکل ۳ نشان می‌دهد که دو روش ناپارامتریک HDE و KDE نتایج نسبتاً مشابه‌ای برای تمامی لغزش‌های مشاهده شده در منطقه داشته‌اند در حالی‌که تنها تفاوت اندکی در مدل‌سازی نتایج برای داده‌هایی با مساحت کم‌تر بر اساس روش پارامتریک MLE مشاهده می‌شود که این موضوع شاید به این دلیل است که بخش عمده‌ای از لغزش‌های منطقه (۱۳ لغزش (۵۹/۱ درصد)، مساحتی بین ۱۰۰۰۰۰-۴۰۰۰۰ مترمربع و ۹ لغزش (۴۹/۹ درصد)، مساحتی بین ۲۲۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰ مترمربع داشته‌اند.

هم‌چنین غلطش در بخش انتهایی شکل‌ها (شکل ۳) نشان‌دهنده آن است که به‌طور کلی لغزش‌های متوسط و بزرگ کاملاً با توزیع‌های آماری مذکور تطبیق داشته و رابطه نمایی دارند در حالی‌که این رابطه برای لغزش‌های کوچک از حالت نمایی منحرف شده و به صورت خطی می‌باشد (۷). در پژوهش حاضر تلاش گردید که احتمال وقوع هر یک از زمین‌لغزش‌های رخداده در منطقه مورد مطالعه مورد بررسی قرار گیرد (جدول ۲). نتایج بررسی‌ها نشان داد که سه الگوریتم بهینه‌سازی HDE، KDE و ML برای توابع توزیع احتمالاتی DPS و IG نتایج تقریباً مشابهی را ارائه کرده است و اختلاف‌ها در برآورد احتمال وقوع لغزش‌ها بسیار ناچیز هست، در صورتی که نتایج تابع DP با کم‌تخمینی[1] همراه بوده و برای لغزش‌های بزرگ و عمیق نتوانسته برآورد صحیحی ارائه نماید. از طرف دیگر، Li و همکاران اظهار داشتند که خطاهای مربوط به پارامترهای برآورد شده برای هر یک از توابع توزیع احتمالاتی برای لغزش‌های کوچک، به‌مراتب بیش‌تر از لغزش‌های بزرگ بوده و بیان داشتند که برای یک لغزش با مساحت حدود ۱۰۰ مترمربع، خطای نسبی برآورد میزان یا نرخ فرسایش که احتمالی در حدود ۵۰ درصد دارد تا میزان ۱۰۰ درصد نیز مشاهده شده است (۱۵).

به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که احتمال خطر لغزش‌های بزرگ و عمیق در منطقه مورد مطالعه، کم‌تر از لغزش‌های متوسط و کوچک می‌باشد در حالی‌که خسارات حاصله از این نوع لغزش‌ها بیش‌تر است. Guzzetti و همکاران و Das نیز معتقدند که احتمال وقوع خطر زمین‌لغزش با مساحت زمین‌لغزش‌ها، رابطه‌ای عکس داشته و با افزایش سطح لغزش، احتمال رخداد آن کاهش می‌یابد (۴،۱۰).

بنابراین می‌توان گفت که تعیین مساحت هر زمین‌لغزش و تخمین احتمال وقوع آن می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مهم جهت تهیه نقشه خطر و ریسک زمین‌لغزش در بخش‌های مختلف نظیر ستاد سوانح طبیعی، مدیریت بحران، وزارت مسکن و شهرسازی و منابع طبیعی مورد استفاده قرار گیرد و به‌منظور آمایش سرزمین و مدیریت جامع و همه‌جانبه‌نگر حوزه‌های آبخیز به‌کار گرفته شود.

1- Under Estimate

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.170]

منابع

1. Bijukchhen, S.M., P. Kayastha and M.R. Dhital. 2013. A comparative evaluation of heuristic and bivariate statistical modelling for landslide susceptibility mapping in Ghurmi-Dhad Khola, East Nepal. Arabian Journal of Geoscience, 6(8): 2727-2743.
2. Brunetti, M.T., F. Guzzetti and M. Rossi. 2009. Probability distributions of landslide volumes. Nonlinear Processes in Geophysics, 16: 179-188.
3. Chen, W., W. Li, E. Hou, H. Bai, H. Chai, D. Wang, X. Cui and Q. Wang. 2014. Application of frequency ratio, statistical index, and index of entropy models and their comparison in landslide susceptibility mapping for the Baozhong Region of Baoji, China. Arabian Journal of Geoscience. DOI: 10.1007/s12517-014-1554-0.
4. Das, I., A. Stein, N. Kerle and V.K. Dadhwal. 2011. Probabilistic landslide hazard assessment using homogeneous susceptible units (HSU) along a national highway corridor in the northern Himalayas, India. Landslides, 8: 293-308.
5. Fell, R., K.K.S. Ho, E. Lacasse and E. Leroi. 2005. A framework landslide risk assessment and management. (Hunger, O, Fell, R., Couture, R., Eberhardt, E., eds.), Taylor and Francis Group, London, 3-26.
6. Galli, M., F. Ardizzone, M. Cardinali, F. Guzzetti and P. Reichenbach. 2008. Comparing landslide inventory maps. Geomorphology, 94: 268-289.
7. Guzzetti, F. 2005. Review and selection of optimal geological models related to spatial information available, Action 1.14. Risk aware is partially co-financed by the European Union under the INTEREG IIIB CADSES program, pp. 44
8. Guzzetti, F. 2006. Landslide hazard and risk assessment. Ph.D. Thesis, Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, University of Bonn, Bonn, Germany, 389 pp. WWW page, http://geomorphology.irpi.cnr.it/Members/fausto/PhD-dissertation.
9. Guzzetti, F., B.D. Malamud, D.L. Turcotte and P. Reichenbach 2002. Power-law correlations of landslide areas in Central Italy. Earth and Planetary Science Letters, 195: 169-183.
10. Guzzetti, F., P. Reichenbach, M. Cardinali, M. Galli and F. Ardizzone. 2005. Probabilistic landslide hazard assessment at the basin scale. Geomorphology, 72: 272-299.
11. Hungr, O., S.G. Evans and J. Hazard. 1999. Magnitude and frequency of rock falls and rock slides along the main transportation corridors of southwestern British Columbia. Canadian Geotechnical Journal, 36(2): 224-238.
12. Hovius, N., C.P. Stark, H.T. Chu and J.C. Lin. 2000. Supply and removal of sediment in a landslide-dominated mountain belt: Central Range, Taiwan. Journal of Geology, 108: 73-89.
13. Jaiswal, P., C.J. van Westen and V. Jetten. 2011. Quantitative estimation of landslide hazard along transportation lines using historical records. Landslides, 8: 279-291.
14. Koehorst, B.A.N., O. Kjekstad, D. Patel, Z. Lubkowski, J.G. Knoeff and G.J. Akkerman. 2005. Work package 6, Determination of Socio-Economic Impact of Natural Disasters, Assessing socio-economic Impact in Europe, 173 pp.
15. Li, L., H. Lan and Y. Yuming Wu. 2016. How sample size can effect landslide size distribution. Geoenvironmental Disasters, 3:18, 11pp. DOI 10.1186/s40677-016-0052-y
16. Malamud, B.D., D.L. Turcotte, F. Guzzetti and P. Reichenbach. 2004. Landslide inventories and their statistical properties, Earth Surface Processes and Landforms, 29(6): 687–711.
17. Riguer, D. and M. Rossi. 2011. Magnitude-frequency probability estimation of landslides. The 24th Annual Geological Convention of the Geological Society of the Philippines 08 December 2011 Crowne Plaza Hotel, Philippines, 19 pp.
18. Rossi, M., F. Ardizzone, M. Cardinali, F. Fiorucci, I. Marchesini, A.C. Mondini, M. Santangelo, S. Ghosh, D.E.L. Riguer, T. Lahousse, K.T., Chang and F. Guzzetti. 2012. A tool for the estimation of the distribution of landslide area, Abstract ID-No.: EGU2012-9438.
19. Singh, A.K. 2010. Bioengineering techniques of slope stabilization and landslide mitigation. Disaster Prevention and Management: An International Journal, 19(3): 384-397.
20. Stark, C.P. and N. Hovius. 2001. The characterization of landslide size-frequency distributions. Geophysics Research Letter, 28: 1091-1094.
21. Varnes, D.J. 1984. Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. UNESCO, Paris, pp. 1-55.
22. Wang. Q., W. Li., Y. Wu., Y. Pei and P. Xie. 2016. Application of statistical index and index of entropy methods to landslide susceptibility assessment in Gongliu (Xinjiang, China). Environment Earth Sciences, 75: 598- 599.
23. Wu, C.Y. and S.C. Chen. 2013. Integrating spatial, temporal, and size probabilities for the annual landslide hazard maps in the Shihmen watershed, Taiwan. Natural Hazards and Earth System Science, 13: 2353-2367.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.170]

Estimation of Landslide Size Probability Occurrence in the Pivejan Watershed (Razavi Khorasan Province)

Hamid Reza Pourghasemi

Department of Natural Resources and Environmental Engineering, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran. (Corresponding author: hr.pourghasemi@shirazu.ac.ir
Received: July 23, 2016 Accepted: December 25, 2016

Abstract

Knowing the number, area, and frequency of landslides occurred in each area has a prominent role in the long-term evolution of area dominated by landslides and can be used for analyzing of susceptibility, hazard, and risk. In this regard, the current research is trying to consider identified landslides size probability in the Pivejan Watershed, Razavi Khorasan Province. In the first step, landslides inventory map was created using Google Earth images and extensive field surveys. In the next step, area of each landslide was determined using ArcGIS software and Xtools Extension. Subsequently, probability of landslides size identified were calculated in R statistical software using Double Pareto (DP), Double Pareto Simplified (DPS), and Inverse Gamma (IG) probability density functions in the study area. Also, in the present study for optimization of parameters coefficients used of two non-parametric probability density function namely Histogram Density Estimation (HDE) and Kernel Density Estimation (KDE) and a parametric Maximum Likelihood (ML) estimation. The results showed that non-parametric estimation methods (i.e., HDE and KDE) provided accurate results for all the landslides; whereas, ML failed to provide a good result. Also, results of landslide occurrence probability showed a good similarity between DPS and IG with different optimization techniques, meanwhile the DP model had under estimation results and can't presented a correct calculation for probability of landslides in the study area.

Keywords: Landslide size probability, Probability density function, Optimization techniques, Pivejan Watershed

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.170]