مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال یکم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۲
Vol.1, No.3, Winter 2014

پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از مدل احتمالاتی وزن واقعه

حمیدرضا پورقاسمی[۱]، حمیدرضا مرادی[۲]*، مجید محمدی[۱]

۱- دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، نور
۲- دانشیار، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، نور

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۸/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۱۰/۳

چکیده

زمین‌لغزش از جمله بلایای طبیعی است که همه‌ساله باعث کشته و مجروح شدن صدها هزار نفر و بی‌خانمان شدن میلیون‌ها انسان در سراسر جهان می‌شود. هدف از تحقیق حاضر، پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی و مدل احتمالاتی Weight of Evidence در بخشی از حوزه آبخیز هراز در استان مازندران است. به این منظور با استفاده از بازدیدهای صحرایی و تفسیر عکس‌های هوایی، ۷۸ نقطه لغزشی در منطقه شناسایی شد و نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. لایه‌های اطلاعاتی شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی، شکل شیب، لیتولوژی، کاربری اراضی، فاصله از شبکه آبراهه، فاصله از جاده، فاصله از گسل، شاخص توان آبراهه، شاخص رطوبت و شاخص حمل رسوب به عنوان عوامل مؤثر بر خطر وقوع زمین‌لغزش منطقه شناسایی شدند، و نقشه‌های مربوط نیز در محیط GIS رقومی گردید. با استفاده از تئوری احتمالات، ارتباط هر یک از عوامل و نقاط لغزشی مشخص شد و نقشه پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش برای منطقه تهیه گردید. ارزیابی مدل با استفاده از یک‌سوم نقاط لغزشی، شاخص SCAI و منحنی ROC صورت گرفت. نتایج نشان داد که همبستگی بالایی بین نقشه خطر مورد نظر و نقشه پراکنش زمین‌لغزش وجود دارد و دقت مدل احتمالی تهیه شده در منطقه، ۷۹/۸۷ درصد (خیلی خوب) برآورد گردید. مهم‌ترین نوآوری این تحقیق در مقایسه با دیگر پژوهش‌های انجام شده، استفاده از فاکتورهای شکل شیب، شاخص رطوبت، شاخص توان آبراهه، شاخل حمل رسوب و به‌کارگیری همزمان دو روش مهم ارزیابی مدل (شاخص SCAI و منحنی ROC) است.

کلیدواژه‌ها: زمین‌لغزش، تئوری احتمالات، سامانه اطلاعات مکانی، شاخص SCAI. منحنی ROC.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: مازندران، نور، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی. تلفن: ۰۱۲۲۶۲۵۳۱۰۱
Email: Morady5hr@yahoo.com

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.69]

۱- مقدمه

زمین‌لغزش از جمله بلایای طبیعی است که هرساله باعث کشته و مجروح شدن صدها هزار نفر و بی‌خانمان شدن میلیون‌ها فرد در سراسر جهان می‌شود. خسارت وارد به مناطق مسکونی، زیربنای اقتصادی و همچنین تلفات انسانی ناشی از زمین‌لغزش‌ها در سراسر جهان هردم در حال افزایش است. براساس مطالعات انجام شده طی سال‌های ۲۰۰۴-۱۹۰۳، زمین‌لغزش به تنهایی ۱۷ درصد از بلایای طبیعی جهان را در بر می‌گیرند که بیشترین میزان خسارت آن در اروپا ـ سالانه ۱۷ میلیون دلار ـ برآورد گردیده است [۱]. در ایران نیز مطالعات و بررسی‌هایی در مورد خسارات ناشی از حرکات توده‌ای صورت پذیرفته است. طبق گزارش جمع‌بندی اطلاعات و خسارات مربوط به ۴۹۰۰ زمین‌لغزش مندرج در بانک اطلاعاتی، تا پایان شهریورماه ۱۳۸۶، میزان خسارات ناشی از زمین‌لغزش ۱۲۶۸۹۳ میلیارد ریال برآورد شده است [۲]. با توجه به تلفات جانی، خسارات مالی و تأثیرات زیست‌محیطی، زمین‌لغزش‌ها از مهم‌ترین بلایای طبیعی در جهان و به‌ویژه در کشور ما به شمار می‌آیند که هر ساله تأثیرات عمده‌ای در تخریب جاده‌های ارتباطی، تخریب مراتع، باغ‌ها، مناطق مسکونی، ایجاد فرسایش و تولید حجم بالای رسوب در حوزه آبخیز کشور دارند. بنابراین تعیین حساسیت به لغزش برای مناطق مستعد زمین لغزش در ایران بسیار مهم و حیاتی است. مدل Weight of Evidence به عنوان یکی از مدل‌های نظریهٔ بیزی‌ین[1] شناخته شده است. یکی از مزایای استفاده از این نظریه، امکان استفاده از داده‌های کمّی و کیفی متغیر و دیدگاه‌های کارشناسی[2] در سیستم‌های پیچیده است که این امر، بالقوه در مدیریت منابع طبیعی ارزشمند است، به‌ویژه در شرایطی که در قابل اعتماد بودن و حتی در دسترس و موجود بودن داده‌های مربوط به منابع طبیعی، محدودیت به چشم می‌خورد [۳]. از این رو در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش نیز مطالعات مختلفی با مدل‌های احتمالاتی صورت گرفته، که عبارت‌اند از:

لی[3] و همکاران (۲۰۰۲) که از تئوری احتمالاتی Weight of Evidence در تحلیل حساسیت زمین‌لغزش استفاده کردند. در این تحقیق از ۱۳ عامل مؤثر برای پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش استفاده شد. نتایج ارزیابی نشان داد که مدل مذکور دقت بالایی در منطقه مورد مطالعه دارد [۴]. Neäuhauser و Terhorst (۲۰۰۷) در جنوب‌شرقی آلمان به‌منظور ارزیابی حساسیت زمین‌لغزش از مدل Weight of Evidence استفاده کردند. در این تحقیق خاک، زمین‌شناسی، فاصله از شبکه آبراهه، فاصله از گسل، درجه شیب و شکل شیب به عنوان عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش انتخاب شدند و نقشه پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش برای منطقه مورد مطالعه در مقیاس ۱:۱۵۰۰۰۰ تهیه گردید. نتایج ارزیابی بیانگر دقت بالای (۹۰ درصد) مدل تهیه شده بود [۵]. Bui و همکاران (۲۰۰۸) برای پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش در منطقه جائچون کشور کره از تئوری احتمالاتی Weight of Evidence استفاده کردند. در این تحقیق با توجه به پنج عامل ـ درجه شیب، جهت شیب، ارتفاع، لیتولوژی و پوشش گیاهی ـ نقشه خطر زمین‌لغزش تهیه گردید [۶].

Song و همکاران (۲۰۰۸) به منظور تعیین پتانسیل زمین‌لغزش در کشور ژاپن از دو مدل Weight of Evidence و رگرسیون لجستیک استفاده کردند. عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش در این تحقیق عبارت‌اند از: ارتفاع، شیب، جهت شیب، شکل شیب، کاربری اراضی و Contributing Area. نتایج ارزیابی مدل با سه رویکرد (استفاده از تمامی عوامل، حذف عوامل Contributing Area و استفاده از سه عامل کاربری اراضی، ارتفاع و شکل شیب) با به‌کارگیری منحنی ROC، نشان داد که رویکرد دوم و سوم مدل‌سازی با مدل احتمالاتی دارای دقت بیشتری بوده است [۷]. Zhu و Wang (۲۰۰۹)

1. Bayesian
2. Expert knowledge
3. Lee

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.29252/jgit.1.2.69]

به‌منظور تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش از دو مدل ارزش اطلاعات و مدل احتمالاتی وزن واقعه (تئوری بیزی‌ین) استفاده کردند. نقشه حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از عوامل فاصله از گسل، زمین‌شناسی، ارتفاع، درجه شیب، جهت شیب، فاصله از آبراهه و فاصله از جاده تهیه گردید. نتایج ارزیابی نشان داد که به ترتیب ۹۳/۲ و ۹۲/۲ درصد از لغزش‌ها در طبقه خطر زیاد و خیلی‌زیاد برای هر یک از مدل‌های ارزش اطلاعات و وزن واقعه قرار گرفته‌اند [۸]. هدف از تحقیق حاضر کاربرد سامانه اطلاعات مکانی و مدل احتمالاتی Weight of Evidence در پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش در بخشی از حوزه آبخیز هراز در استان مازندران است. حوزه آبخیز هراز به دلیل موقعیت جغرافیایی، ویژگی‌های طبیعی و زمین‌شناختی یکی از مناطق مستعد بروز حرکات توده‌ای است. رود هراز در زمرهٔ مهم‌ترین و پرآب‌ترین رودهای استان مازندران است و از لحاظ اقتصادی به دلیل داشتن بیش از ۳۵ کارگاه پرورش ماهی و آبیاری مزارع در سطح جلگه، اهمیت زیادی دارد. تحقیق حاضر درصدد شناسایی و تعیین مناطق حساس به زمین‌لغزش با استفاده از روش مذکور است تا با شناسایی مناطق مذکور اقدامات اجرایی برای کنترل در منطقه، سمت و سویی منطقی بیابند و از اتلاف انرژی و سرمایه جلوگیری شود. مهم‌ترین نوآوری تحقیق حاضر در مقایسه با دیگر تحقیقات انجام شده در داخل کشور، استفاده از فاکتورهای شکل شیب، شاخص رطوبت[1] (CTI)، شاخص توان آبراهه[2] (SPI) و شاخص حمل رسوب[3] (STI) است که در شکل ۱ ارائه گردیده، و ارتباط آن با زمین‌لغزش‌های منطقه مورد مطالعه نیز در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. ارتباط بین هر یک از عوامل مؤثر و نقاط لغزشی با استفاده از مدل احتمالی Weight of Evidence

عامل	کلاس	تعداد پیکسل‌های فاقد لغزش	درصد پیکسل‌های لغزشی	تعداد لغزش	درصد لغزش	W^+	W^-	C	$S^2(W^+)$	$S^2(W^-)$	S(C)	C/S(C)
شیب (درجه)	۰-۵	۱۳۸۵۱	۱/۲۱	۱	۱/۸۲	۰/۴۱	۰/۰۰	۰/۴۱	۱	۰/۰۲	۱/۰۱	۰/۴۱
	۶-۱۵	۶۴۲۶۸	۵/۶۲	۲	۳/۶۴	-۰/۴۳	۰/۰۲	-۰/۴۵	۰/۵	۰/۰۲	۰/۷۲	-۰/۶۳
	۱۶-۳۰	۱۵۵۶۰۲	۱۳/۵۹	۱۰	۱۸/۱۸	۰/۲۹	-۰/۰۵	۰/۳۴	۰/۱	۰/۰۲	۰/۳۵	۰/۹۹
	۳۰-۵۰	۳۴۳۶۳۴	۳۰/۰۳	۱۹	۳۴/۵۵	۰/۱۴	۰/۰۷	۰/۲۱	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۲۸	۰/۷۳
	۵۰-۷۰	۲۶۲۱۱۷	۲۲/۹۱	۱۰	۱۸/۱۸	-۰/۲۳	۰/۰۶	-۰/۲۹	۰/۱	۰/۰۲	۰/۳۵	-۰/۸۳
	۷۰<	۳۰۴۸۰۹	۲۶/۶۴	۱۳	۲۳/۶۴	-۰/۱۲	۰/۰۴	-۰/۱۶	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۳۲	-۰/۵۰
جهت شیب	شمال	۱۴۹۹۹۷	۱۳/۱۲	۵	۹/۰۹	-۰/۳۷	۰/۰۵	-۰/۴۱	۰/۲	۰/۰۲	۰/۴۷	-۰/۸۸
	شمال شرقي	۱۹۵۳۰۱	۱۷/۰۷	۹	۱۶/۳۶	-۰/۰۴	۰/۰۱	-۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۰۲	۰/۳۶	-۰/۱۴
	شرق	۱۲۹۱۶۷	۱۱/۲۹	۲	۳/۶۴	-۱/۱۳	۰/۰۸	-۱/۲۲	۰/۵	۰/۰۲	۰/۷۲	-۱/۶۹
	جنوب شرقي	۱۷۱۱۴۴	۱۴/۹۵	۱۶	۲۹/۰۹	۰/۶۷	-۰/۱۸	۰/۸۵	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۳۰	۲/۸۵
	جنوب	۱۳۵۶۷۷	۱۱/۸۵	۳	۵/۴۶	-۰/۷۸	۰/۰۷	-۰/۸۵	۰/۳۳	۰/۰۲	۰/۵۹	-۱/۴۳
	جنوب غربي	۱۳۱۷۱۸	۱۱/۵۱	۹	۱۶/۳۶	۰/۳۵	-۰/۰۶	۰/۴۱	۰/۱۱	۰/۰۲	۰/۳۶	۱/۱۲
	غرب	۷۹۹۷۹	۶/۹۹	۷	۱۲/۷۳	۰/۶۰	-۰/۰۶	۰/۶۶	۰/۱۴	۰/۰۲	۰/۴۰	۱/۶۴
	شمال غربي	۱۵۱۲۹۸	۱۳/۲۲	۴	۷/۲۷	-۰/۶۰	۰/۰۷	-۰/۶۶	۰/۲۵	۰/۰۲	۰/۵۲	-۱/۲۸

جدول ۱. ارتباط بین هر یک از عوامل مؤثر و نقاط لغزشی با استفاده از مدل احتمالی Weight of Evidence (ادامه)

عامل	کلاس	تعداد پیکسل‌های فاقد لغزش	درصد پیکسل‌های لغزشی	تعداد لغزش	درصد لغزش	W^+	W^-	C	$S^2(W^+)$	$S^2(W^-)$	S(C)	C/S(C)

1. (CTI) Compound Topographic Index or Topographic Witness Index
2. (SPI) Stream Power Index
3. (STI) Sediment Transport Index

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.29252/jgit.1.2.69]

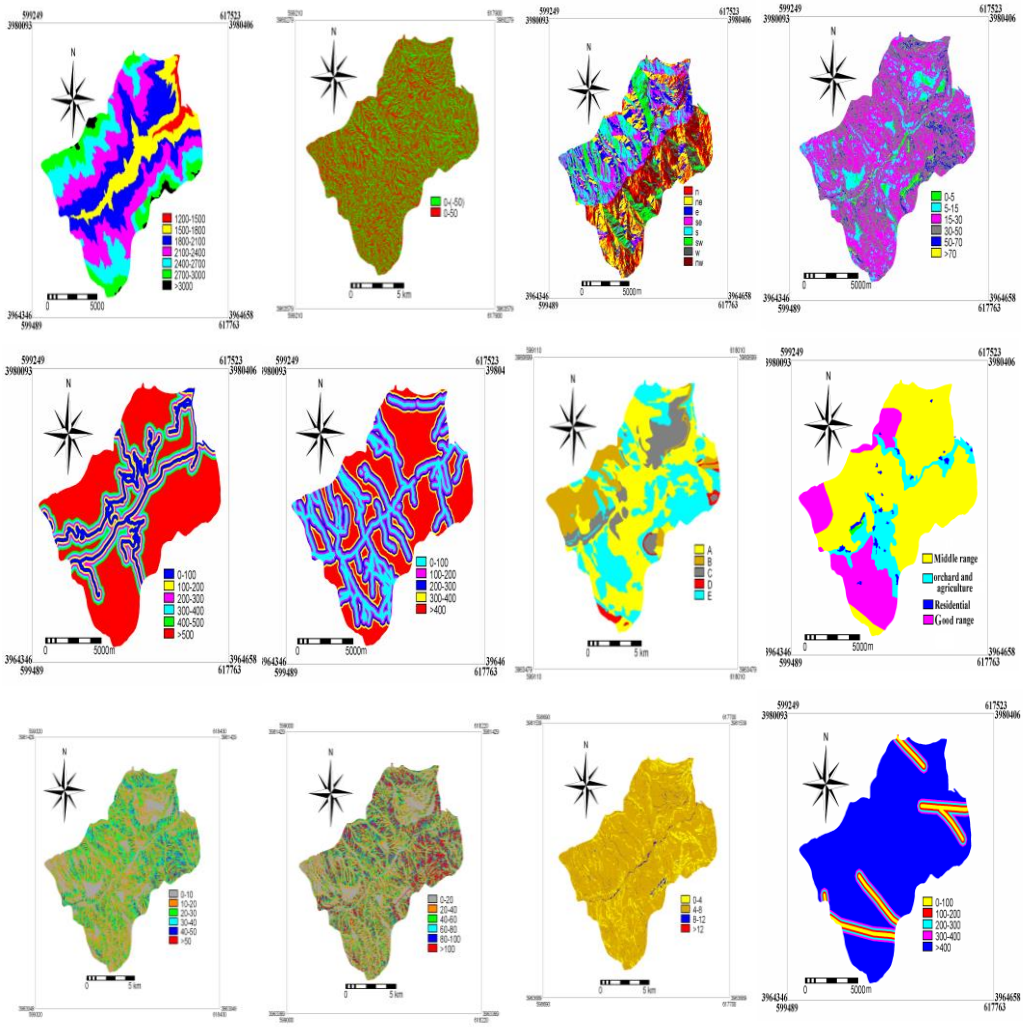
کلاس ارتفاعي	۱۲۰۰-۱۵۰۰	۲۸٤٦۳	۲/٤۹	۰	۰	∞	۰/۰۳	۰	∞	۰/۰۲	∞	∞
	۱۵۰۰-۱۸۰۰	۱۵۷۰۱۸	۱۳/۷۲	۱۹	۳٤/۵٤	۰/۹۲	-۰/۲۸	۱/۲۰	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۲۸	٤/۲۳
	۱۸۰۰-۲۱۰۰	۳۰۳۰۵۸	۲٦/٤۸	۲۲	٤۰	۰/٤۱	-۰/۲۰	۰/٦۲	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۲۸	۲/۲٤
	۲۱۰۰-۲٤۰۰	۳۰۵۸٤٤	۲٦/۷۳	۷	۱۲/۷۳	-۰/۷٤	۰/۱۷	-۰/۹۲	۰/۱٤	۰/۰۲	۰/٤۰	-۲/۲۷
	۲٤۰۰-۲۷۰۰	۲۰۸۳۲۱	۱۸/۲۰	٦	۱۰/۹۱	-۰/۵۱	۰/۰۹	-۰/٦۰	۰/۱۷	۰/۰۲	۰/٤۳	-۱/۳۸
	۲۷۰۰-۳۰۰۰	۱۲۵۳۸٤	۱۰/۹٦	۱	۱/۸۲	-۱/۸۰	۰/۱۰	-۱/۸۹	۱	۰/۰۲	۱/۰۱	-۱/۸۸
	۳۰۰۰<	۱٦۱۹۳	۱/٤۲	۰	۰	∞	۰/۰۱	۰	∞	۰/۰۲	∞	∞
لیتولوژي	A	۴۵۹۹۱۴	٤۰/۱۹	۳۰	۵٤/۵۵	۰/۳۱	-۰/۲۷	۰/۵۸	۰/۰۳	۰/۰٤	۰/۲۷	۲/۱٤
	B	۱۵۳٦۲۱	۱۳/٤۳	۳	۵/٤۵	-۰/۹۰	۰/۰۹	-۰/۹۹	۰/۳۳	۰/۰۲	۰/۵۹	-۱/٦۷
	C	۱٤۷۳۸٦	۱۲/۸۸	۲	۳/٦٤	-۱/۲٦	۰/۱۰	-۱/۳۷	۰/۵	۰/۰۲	۰/۷۲	-۱/۹۰
	D	۱۹٦۵۵	۱/۷۲	۰	۰	∞	۰/۰۲	۰	∞	۰/۰۲	∞	∞
	E	۳٦۳۷۰۵	۳۱/۷۸	۲۰	۳٦/۳٦	۰/۱۳	-۰/۰۷	۰/۲۰	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۲۸	۰/۷۳
کاربري اراضي	مرتع خوب	۲٤٦٦۰۱	۲۱/۵۵	۱۲	۲۱/۸۲	۰/۰۱	-۰/۰۰۳	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۳۳	۰/۰۵
	مخلوط باغ و کشاورزي	۱۵۲۵۱۸	۱۳/۳۳	۲۰	۳٦/۳٦	۱/۰۰	-۰/۳۱	۱/۳۱	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۲۸	٤/٦۸
	مسکوني	۳٤۵۰	۰/۳۰	۱	۱/۸۲	۱/۸۰	-۰/۰۲	۱/۸۱	۱	۰/۰۲	۱/۰۱	۱/۸۰
	مرتع متوسط	۷٤۱۷۱۲	٦٤/۸۲	۲۲	٤۰	-۰/٤۸	۰/۵۳	-۱/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۲۸	-۳/٦۹
فاصله از گسل	۰-۱۰۰	٤٤۹٤۲	۳/۹۳	۳	۵/٤۵	۰/۳۳	-۰/۰۲	۰/۳٤	۰/۳۳	۰/۰۲	۰/۵۹	۰/۰۵۸
	۱۰۰-۲۰۰	٤۳۱۳۲	۳/۷۷	٤	۷/۲۷	۰/٦٦	-۰/۰٤	۰/٦۹	۰/۲۵	۰/۰۲	۰/۵۲	۱/۳٤
	۲۰۰-۳۰۰	٤۳۱٤٤	۳/۷۷	٦	۱۰/۹۱	۱/۰٦	-۰/۰۸	۱/۱٤	۰/۱۷	۰/۰۲	۰/٤۳	۲/٦۳
	۳۰۰-٤۰۰	٤٤۹۱٤	۳/٦۲	۲	۳/٦٤	-۰/۰۸	۰/۰۰۳	-۰/۰۸	۰/۵	۰/۰۲	۰/۷۲	-۰/۱۱
	٤۰۰<	۹٦۸۱٤۹	۸٤/٦۱	٤۰	۷۲/۷۳	-۰/۱۵	۰/۵۷	-۰/۷۲	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۳۰	-۲/۳۹
فاصله از آبراهه	۰-۱۰۰	۲٦۳۵۸٤	۲۳/۰۳	۳۳	٦۰	۰/۹٦	-۰/٦۵	۱/٦۱	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۲۸	۵/۸٦
	۱۰۰-۲۰۰	۲۰۵۷۵۹	۱۷/۹۸	۵	۹/۰۹	-۰/٦۸	۰/۱۰	-۰/۷۸	۰/۲	۰/۰۲	۰/٤۷	-۱/٦۷
	۲۰۰-۳۰۰	۱۵۹۸۰۱	۱۳/۹۷	۷	۱۲/۷۳	-۰/۰۹	۰/۰۱	-۰/۱۱	۰/۱٤	۰/۰۲	۰/٤۰	-۰/۲٦
	۳۰۰-٤۰۰	۱۳۱٤۲۰	۱۱/٤۹	۳	۵/٤۵	-۰/۷٤	۰/۰۷	-۰/۸۱	۰/۳۳	۰/۰۲	۰/۵۹	-۱/۳۷
	٤۰۰<	۳۸۳۷۱۷	۳۳/۵۳	۷	۱۲/۷۳	-۰/۹۷	۰/۲۷	-۱/۲٤	۰/۱٤	۰/۰۲	۰/٤۰	-۳/۰۷
فاصله از جاده	۰-۱۰۰	۱۳٦۲۲۸	۱۱/۹۰	۲۳	٤۱/۸۲	۱/۲٦	-۰/٤۱	۱/٦۷	۰/۰٤	۰/۰۲	۰/۲۷	٦/۱۱
	۱۰۰-۲۰۰	۱۱۰۲۸۳	۹/٦٤	٤	۷/۲۷	-۰/۲۸	۰/۰۳	-۰/۳۱	۰/۲۵	۰/۰۳	۰/۵۲	-۰/۵۹
	۲۰۰-۳۰۰	۹۳٤٤۰	۸/۱۷	۵	۹/۱۰	۰/۱۱	-۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۲	۰/۰۲	۰/٤۷	۰/۲۵
	۳۰۰-٤۰۰	۸۳۸۷٦	۷/۳۳	۳	۵/٤۵	-۰/۳۰	۰/۰۲	-۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۰۲	۰/۵۹	-۰/۵۳
	٤۰۰-۵۰۰	۷٤٦۲٦	٦/۵۲	۳	۵/٤۵	-۰/۱۸	۰/۰۱	-۰/۱۹	۰/۳۳	۰/۰۲	۰/۵۹	-۰/۳۲
	۵۰۰<	٦٤۵۸۲۸	۵٦/٤٤	۱۷	۳۰/۹۱	-۰/٦۰	۰/٤٦	-۱/۰٦	۰/۰٦	۰/۰۳	۰/۲۹	-۳/٦٤
شاخص رطوبت	۰-٤	۱٤٤۵۲۹	۱۲/٦۳	۵۰	۹۰/۹۱	۱/۹۷	-۲/۲٦	٤/۲٤	۰/۰۲	۰/۲	۰/٤۷	۹/۰۳
	٤-۸	۹۸۳٦۲۱	۸۵/۹٦	٤	۷/۲۷	-۲/٤۷	۱/۸۹	-٤/۳٦	۰/۲۵	۰/۰۲	۰/۵۲	-۸/۳۹
	۸-۱۲	۱٦۰۷۷	۱/٤۰	۱	۱/۸۲	۰/۲٦	-۰/۰۰٤	۰/۲٦	۱	۰/۰۲	۱/۰۱	۰/۲٦
	۱۲<	۵٤	۰/۰۰۵	۰	۰	∞	۰/۰۰۰۵	۰	∞	۰/۰۲	∞	∞
شاخص توان آبراهه	۰-۲۰	۲٦٦۹٦۲	۲۳/۳۳	۱۵	۲۷/۲۷	۰/۱٦	-۰/۰۵	۰/۲۱	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۳۰	۰/٦۹
	۲۰-٤۰	۲٦۷۹۲٦	۲۳/٤۲	۱۲	۲۱/۸۲	-۰/۰۷	۰/۰۲	-۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۳۳	-۰/۲۸
	٤۰-٦۰	۱۹۱۳۲۵	۱٦/۷۲	۸	۱٤/۵۵	-۰/۱٤	۰/۰۳	-۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۳۸	-۰/٤۳
	٦۰-۸۰	۱۳۰٦۸۰	۱۱/٤۲	٦	۱۰/۹۱	-۰/۰۵	۰/۰۰٦	-۰/۰۵	۰/۱۷	۰/۰۲	۰/٤۳	-۰/۱۲
	۸۰-۱۰۰	۸۷۷۸۰	۷/٦۷	٤	۷/۲۷	-۰/۰۵	۰/۰۰٤	-۰/۰٦	۰/۲۵	۰/۰۲	۰/۵۲	-۰/۱۱
	۱۰۰<	۱۹۹٦۰۸	۱۷/٤٤	۱۰	۱۸/۱۸	۰/۰٤	-۰/۰۰۹	۰/۰۵	۰/۱	۰/۰۲	۰/۳۵	۰/۱٤

جدول ۱. ارتباط بین هر یک از عوامل مؤثر و نقاط لغزشی با استفاده از مدل احتمالی Weight of Evidence (ادامه)

عامل	کلاس	تعداد پیکسل‌هاي فاقد لغزش	درصد پیکسل‌هاي لغزشي	تعداد لغزش	درصد لغزش	W^+	W^-	C	$S^2(W^+)$	$S^2(W^-)$	S(C)	C/S(C)
شاخص حمل رسوب	۰-۱۰	۲۷۱۹٦٦	۲۳/۷۷	۱٦	۲۹/۰۹	۰/۲۰	-۰/۰۷	۰/۲۷	۰/۰٦	۰/۰۳	۰/۳۰	۰/۹۲
	۱۰-۲۰	۳٦۲۲۵۵	۳۱/٦٦	۱۷	۳۰/۹۱	-۰/۰۲	۰/۰۱	-۰/۰۳	۰/۰٦	۰/۰۳	۰/۲۹	-۰/۱۲
	۲۰-۳۰	۲٦۷٦۱۹	۲۳/۳۹	۱۲	۲۱/۸۲	-۰/۰۷	۰/۰۲	-۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۳۳	-۰/۲۷
	۳۰-٤۰	۱۳۹۵۸۲	۱۲/۲۰	۵	۹/۰۹	-۰/۲۹	۰/۰۳	-۰/۳۳	۰/۲	۰/۰۲	۰/٤۷	-۰/۷۰
	٤۰-۵۰	۵۸۷۳۲	۵/۱۳	٤	۷/۲۷	۰/۳۵	-۰/۰۲	۰/۳۷	۰/۲۵	۰/۰۲	۰/۵۲	۰/۷۲
	۵۰<	٤٤۱۲۷	۳/۸۵	۱	۱/۸۲	-۰/۷۵	۰/۰۲	-۰/۷۷	۱	۰/۰۲	۱/۰۱	-۰/۷۷

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.29252/jgit.1.2.69]

شکل پذیر	مقعر	۵۵۳۲۲۷	۴۸/۳۵	۲۱	۳۸/۱۸	-۰/۲۴	۰/۱۸	-۰/۴۲	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۲۸	-۱/۵۰
	محدب	۵۹۱۰۵۴	۵۱/۶۵	۳۵	۶۱/۸۲	۰/۱۸	-۰/۲۴	۰/۴۲	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۲۸	۱/۵۰
Q^{sc} :A ، Q_2^t و Q_1^t ؛ B: Q^{ag} ، Q^{ta} ، Q^{tu} و Q^b ؛ C: Q_k^{tv} و E_k^{gy} ؛ D: PE_z و PE_f ؛ E: K_2 ، K_t ، J_1 ، J_d ، J_s ، TR_{el} و P_d .												



شکل ۱. به ترتیب از راست به چپ نقشه شیب، جهت شیب، شکل شیب، ارتفاع، کاربری اراضی، لیتولوژی، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، فاصله از گسل، شاخص رطوبتی، توان آبراهه و حمل رسوب

عوامل یاد شده، به همراه دیگر عوامل در پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش مورد استفاده قرار گرفته‌اند. به کارگیری شاخص‌های ارزیابی SCAI و منحنی ROC نخستین بار است که در ایران صورت می‌پذیرد و دقت مدل مذکور به صورت کیفی ـ و به ویژه کمّی ـ بیان می‌گردد. در مقایسه با تحقیقات انجام شده در خارج از کشور نیز عوامل بیشتری در پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش به کار رفته و از هر دو شاخص ارزیابی (کمّی و کیفی) به طور همزمان استفاده شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

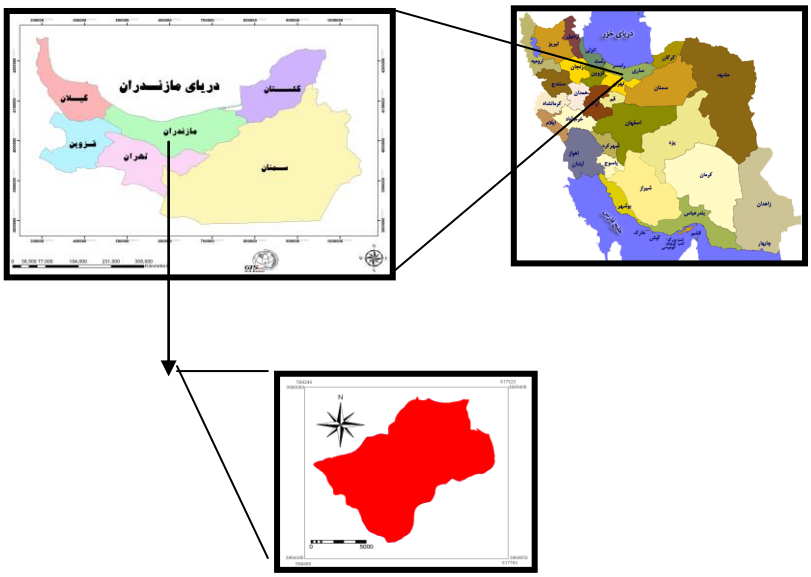
منطقه مورد مطالعه در استان مازندران در بخش مرکزی سلسله‌جبال البرز قرار دارد که خود بخشی از زیرحوزه رودخانه هراز است. مقطع انتخابی، بخشی از مسیر جاده ارتباطی بین شهرهای آمل و تهران به

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.29252/jgit.1.2.69]

مساحت ۱۱۴ کیلومترمربع است. این منطقه در دو شیت ۱:۱۵۰۰۰۰ به نام‌های شنگلده و رینه قرار می‌گیرد، که بین طول‌های جغرافیایی ″52°06′38 تا ″52°17′24 شرقی و عرض‌های ″35°49′39 تا ″35°57′11 شمالی قرار دارد. ارتفاع حداکثر در منطقه ۳۲۹۰ متر و حداقل ۱۲۰۰ متر است (شکل ۲).

۲-۲- روش تحقیق

به‌منظور پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی و مدل احتمالاتی Weight of Evidence، ابتدا با استفاده از عکس‌های هوایی و بازدیدهای صحرایی، ۷۸ نقطه لغزشی در منطقه شناسایی و نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. سپس هر یک از عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش در منطقه شناسایی و نقشه‌های مربوط به آن به ترتیب از راست به چپ (نقشه شیب، جهت شیب، شکل شیب، ارتفاع، کاربری اراضی، لیتولوژی، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، فاصله از گسل، شاخص رطوبت، شاخص توان آبراهه و شاخص حمل رسوب) در محیط GIS رقومی، کلاسه‌بندی (شکل ۱) و با نقشه پراکنش زمین‌لغزش تلفیق گردیدند. به‌منظور تعیین نقشه‌های شاخص رطوبت (CTI)، شاخص توان آبراهه (SPI) و شاخص حمل رسوب (STI) از روابط (۱) تا (۳) استفاده شد [۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶]. آن‌گاه برمبنای محاسبات احتمالات وابسته (قضیه بیز) و روابط (۴) و (۵) وزن هر عامل مربوط به آن تعیین گردید.



شکل ۲. موقعیت منطقه مورد مطالعه

رابطه (۱) $$CTI = \ln\left(\frac{A_S}{\tan\beta}\right)$$

رابطه (۲) $$SPI = A_S . \tan\beta$$

رابطه (۳) $$STI = \left(\frac{A_S}{22/13}\right)^{0/6} \times \left(\frac{\sin\beta}{0/0896}\right)^{1/3}$$

که در آن A_s: مساحت حوزه آبخیز، β: گرادیان شیب برحسب درجه و STI توان حمل آبراهه و یا به عبارتی عامل LS[1] مدل AUSLE[2] را مشخص می‌سازد، و مدل مذکور اصلاح‌شده معادله جهانی تلفات خاک (USEL[3]) است.

رابطه (۴) $$w_i^+ = \log_e[P(B_i|S)/P(B_i|\bar{S})]$$

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.29252/jgit.1.2.69]

$$w_i^- = \log_e[P(\bar{B}_i|S)/P(\bar{B}_i|\bar{S})]$$ رابطه (۵)

به منظور درک هر چه بهتر روابط و سهولت کار، به‌ویژه در محیط GIS، مدل براساس جدول ۲ و به صورت رابطه‌های (۶) و (۷) و (۸) ارائه می‌گردد و در نهایت وزن نهایی برای هر عامل به‌منظور پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش مورد استفاده قرار گرفت [۱۷].

جدول ۲. چهار حالت پتانسیل ایجاد زمین‌لغزش [۳]

	عوامل ایجاد زمین لغزش	
زمین‌لغزش	حضور	عدم حضور
حضور	N_{pix1}	N_{pix2}
عدم حضور	N_{pix3}	N_{pix4}

رابطه (۶)

$$W_i^+ = \log_e\left[\left(N_{pix1}/\left(N_{pix1}+N_{pix2}\right)\right)/\left(N_{pix3}/\left(N_{pix3}+N_{pix4}\right)\right)\right]$$

رابطه (۷)

$$W_i^- = \log_e\left[\left(N_{pix2}/\left(N_{pix1}+N_{pix2}\right)\right)/\left(N_{pix4}/\left(N_{pix3}+N_{pix4}\right)\right)\right]$$

که در آن:

N_{pix1}: تعداد پیکسل‌های لغزشی در یک کلاس،

N_{pix2}: (تعداد کل پیکسل‌های لغزشی در یک نقشه) - (تعداد پیکسل‌های لغزشی در یک کلاس)،

N_{pix3}: (تعداد پیکسل‌های یک کلاس) - (تعداد پیکسل‌های لغزشی در یک کلاس)،

N_{pix4}: (تعداد کل پیکسل‌های یک نقشه)- (تعداد کل پیکسل‌های لغزشی یک نقشه)- (تعداد پیکسل‌های یک کلاس) + (تعداد پیکسل‌های لغزشی در یک کلاس).

$$W_{final} = C/S_C$$ رابطه (۸)

که در آن، W_{final}: وزن نهایی استاندارد شده؛ C: تفاضل وزن‌های مثبت (W^+) و منفی (W^-)؛ و S_c: انحراف استاندارد، که جذر واریانس هر یک از وزن‌های مثبت و منفی است.

۲-۳- ارزیابی مدل

در روش Weight of Evidence برای وزن‌دهی به لایه‌های مختلف اطلاعاتی از نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های منطقه استفاده شد. بعد از تهیه نقشه‌های وزنی براساس روابط مدل، نقشه پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش تهیه شد و براساس شکستگی‌های طبیعی[4] به چهار کلاس طبقه‌بندی گردید. بدین ترتیب، نمی‌توان برای ارزیابی نقشه مورد نظر، از نقشه پراکنش زمین‌لغزش حوزه استفاده کرد [۱۸]. به‌منظور حل این مشکل تعدادی از نقاط لغزشی برای مدل‌سازی و بخشی از آن نیز برای ارزیابی مدل مذکور (به ترتیب ۲/۳ و ۱/۳) مورد استفاده قرار گرفت [۱۹، ۲۰]؛ و آن‌گاه با استفاده از شاخص SCAI[5] [۱۴]، و منحنی ROC[6] [۲۱] صحت نقشه تهیه شده تأیید گردید.

۳- نتایج

نتایج حاصل از ارتباط بین هر یک از عوامل مؤثر و نقاط لغزشی با استفاده از مدل احتمالاتی Weight of Evidence در جدول ۲ ارائه شده‌اند. دقت در جدول ۲ نشان می‌دهد که کلاس شیب ۳۰-۱۶ درجه، جهت جنوب شرقی و غرب، کلاس ارتفاعی ۱۸۰۰-۱۵۰۰، لیتولوژی A (Q^{sc}، Q_2^t و Q_1^t)، کاربری اراضی مخلوط باغ و کشاورزی، فاصله ۳۰۰-۲۰۰ متری از گسل، فاصله کمتر از ۱۰۰ متری از آبراهه و جاده، شاخص رطوبتی ۴-۰، شاخص توان آبراهه ۲۰-۰، شاخص حمل رسوب ۱۰-۰ و شکل شیب محدب (۵۰-۰) به ترتیب بیشترین وزن‌ها (۰/۹۹، ۲/۸۵، ۴/۲۳، ۲/۴، ۴/۶۸، ۲/۶۳،

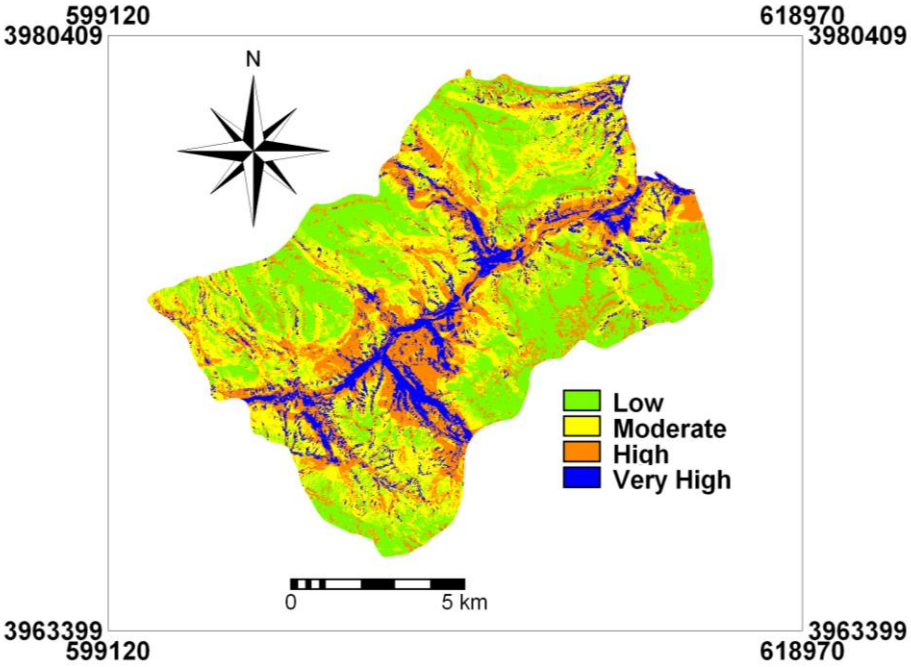
1. Length and Slope
2. Adapted Universal Soil Loss Equation
3. Universal Soil Loss Equation

4. Natural Breaks
5. Seed Cell Area Index
6. Relative Operating Characteristics Curve

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.29252/jgit.1.2.69]

۹/۰۳، ۰/۶۹، ۰/۹۲ و ۱/۵۰) را گرفته‌اند و بنابراین بیشترین حساسیت را در برابر لغزش در منطقه مورد مطالعه دارند. نتایج پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از مدل Weight of Evidence (شکل ۳) نشان می‌دهند که به ترتیب ۳۲/۲۹، ۳۲/۰۹، ۲۴/۶۱ و ۱۱/۰۱ درصد از منطقه مورد مطالعه در کلاس خطر کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته‌اند.

نتایج ارزیابی و کالیبره کردن مدل با استفاده از شاخص SCAI در جدول ۳ نشان داده شده است. شاخص SCAI در حقیقت نسبت درصد مساحت هر یک از کلاس‌های پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش به درصد لغزش‌های اتفاق افتاده (۲۳ نقطه لغزشی) در هر کلاس است. روش مذکور دقت مدل را به صورت کیفی ارائه می‌کند و بیانگر صحت یا سقم نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش با توجه به مقدار SCAI است (منظور از صحت یعنی کاهش مقدار SCAI از کلاس خطر کم به سمت کلاس خطر زیاد است). دقت در جدول ۳ نشان می‌دهد که با پیش رفتن هر چه بیشتر از کلاس خطر کم به سمت کلاس خطر خیلی زیاد، مقدار SCAI کاهش می‌یابد که با دیدگاه‌های [۲۳، ۲۲، ۱۴] مبنی بر کاهش مقدار SCAI و به‌ویژه در کلاس‌های خطر زیاد و خیلی زیاد کاملاً مطابقت دارد و نشان‌دهنده همبستگی بالای نقشه حساسیت تهیه شده با نقاط لغزشی موجود و بازدیدهای صحرایی منطقه مورد مطالعه است.



شکل ۳. نقشه پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از مدل Weight of Evidence

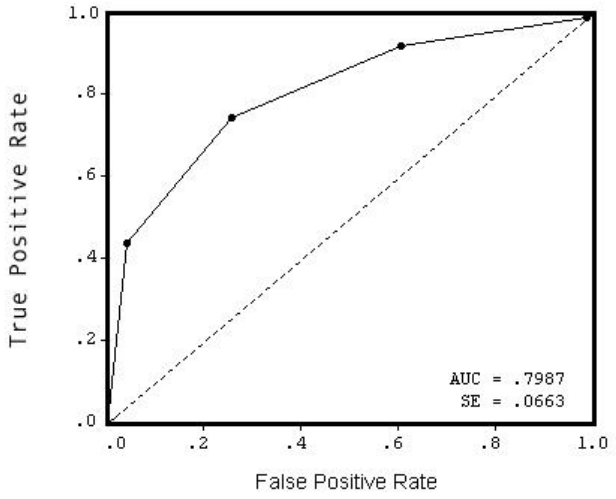
به‌علاوه، با استفاده از منحنی ROC میزان دقت مدل به صورت کمّی نیز برآورد گردید. منحنی ROC یکی از مفیدترین و کارآمدترین روش‌ها در ارائه خصوصیت تعیینی، شناسایی احتمالی و پیش‌بینی سیستم‌هاست [۲۴]. در حقیقت منحنی ROC نمایشی گرافیکی از موازنه[۱] بین نرخ خطای منفی و مثبت برای هر مقدار احتمالی از برش‌هاست.[۲] سطح زیرمنحنی ROC (AUC)[۳]، بیانگر مقدار پیش‌بینی سیستم از طریق توصیف توانایی آن در تخمین درست وقایع رخداده (وقوع زمین‌لغزش) و عدم وقوع رخداد (عدم وقوع زمین‌لغزش) آن است. ایده‌آل‌ترین مدل، بیشترین سطح زیرمنحنی را دارد و مقادیر AUC از ۰/۵-۱ است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.29252/jgit.1.2.69]

چنانچه مدلی نتواند رخداد لغزشی را بهتر از دیدگاه احتمالی (تصادفی) تخمین زند، مقدار AUC آن ۰/۵ است و زمانی که منحنی ROC، سطح زیر منحنی برابر با یک داشته باشد، بهترین دقت را از نقشه پهنه‌بندی تهیه شده نشان می‌دهد. همبستگی کیفی ـ کمّی سطح زیرمنحنی و ارزیابی تخمین بدین صورت است:
(۱-۰/۹، عالی؛ ۰/۹-۰/۸، خیلی خوب؛ ۰/۸-۰/۷، خوب؛ ۰/۷-۰/۶، متوسط و ۰/۶-۰/۵، ضعیف) [۲۱].
براساس نتایج منحنی ROC، مقدار سطح زیرمنحنی منطقه مورد مطالعه (۰/۷۹۸۷ یا ۷۹/۸۷ درصد) با انحراف استاندارد ۰/۰۶۶۳ برآورد گردیده است. شکل ۴ نشان‌دهنده ارزیابی خیلی خوب مدل احتمالی Weight of Evidence برای پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش است.

جدول ۳. نتایج ارزیابی نقشه حساسیت زمین‌لغزش منطقه مورد مطالعه با استفاده از شاخص SCAI

کلاس خطر	درصد Area	درصد Seed	SCAI
کم	۳۲/۲۹	۸/۷	۳/۷۱
متوسط	۳۲/۰۹	۱۷/۳۹	۱/۸۵
زیاد	۲۴/۶۱	۳۰/۴۳	۰/۸۱
خیلی زیاد	۱۱/۰۱	۴۳/۴۸	۰/۲۵



شکل ۴. منحنی ROC و سطح زیرمنحنی نقشه پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش

1. Trade off
2. Cut off
3. Area Under Curve

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.29252/jgit.1.2.69]

۴- نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر با هدف پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی و مدل احتمالی Weight of Evidence انجام شد. با توجه به نتایج به دست آمده از ارتباط بین هر یک از عوامل مؤثر و نقاط لغزشی شناسایی‌شده (نقشه پراکنش زمین‌لغزش) می‌توان چنین جمع‌بندی کرد که کلاس شیب ۳۰-۱۶ درجه، جهت جنوب شرقی و غرب، کلاس ارتفاعی ۱۸۰۰-۱۵۰۰، لیتولوژی A (Q^{sc}، Q_2^t و Q_1^t)، کاربری اراضی مخلوط باغ و کشاورزی، فاصله ۳۰۰-۲۰۰ متری از گسل، فاصله کمتر از ۱۰۰ متری از آبراهه و جاده، شاخص رطوبتی ۴-۰، شاخص توان آبراهه ۲۰-۰، شاخص حمل رسوب ۱۰-۰ و شکل شیب محدب (۵۰-۰) به ترتیب بیشترین وزن‌ها را به خود اختصاص می‌دهند و بنابراین بیشترین حساسیت را به لغزش در منطقه مورد مطالعه دارند. براساس نتایج ارزیابی نقشه پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش می‌توان بیان کرد که همبستگی بالایی بین نقشه حساسیت تهیه شده با نقاط لغزشی موجود و بازدیدهای صحرایی منطقه مورد مطالعه وجود دارد و می‌توان آن را برای هر گونه اقدامات مدیریتی در منطقه مورد مطالعه در نظر گرفت.

۵- منابع

[1] Koehorst, B.A.N., Kjekstad, O., Patel, D., Lubkowski, Z., Knoeff, J.G. and Akkerman, G.J., 2005. Work Package 6, Determination of Socio-Economic Impact of Natural Disasters. *Assessing socio-economic Impact in Europe*, p.173.

[2] Landslide Working Party, 2007. *Iranian Landslides List, Forest.* Rangeland and Watershed Association, p.60.

[3] Shahabi, M. and Sadoddin, A., 2009. Bayesian Decision Network Approach for Predicting Impacts of Drought Management Actions in Dry Land Wheat Areas of Golestan Province. In: *5Th National Conference of watershed management*, Iran, 3140-3149.

[4] Lee, S., Choi, J. and Min, K., Retrieved from www.adpc.net/casita/case-studieo 2002. Landslide Susceptibility Analysis and Verification Using the Bayesian Probability Model. *Environmental Geology*, 43, 120–131.

[5] Neuhäuser, B. and Terhorst, B., 2007. Landslide Susceptibility Assessment using "Weights-of-evidence" Applied to a Study Area at the Jurassic Escarpment (SW-Germany). *Geomorphology*, 86, 12–24.

[6] Bui, H.B., Nguyen, Q. and Nguyen, V.T., 2008. GIS-based Weight of Evidence Modeling for Landslide Susceptibility Mapping at Jaechon Area, Korea. *In: International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences*.

[7] Song, R.H., Hiromu, D., Kazutoki, A., Usio, K. and Sumio, M., 2008. Modeling the Potential Distribution of Shallow-seated Landslides Using the Weights of Evidence Method and a Logistic Regression Model: A Case Study of the Sabae Area, Japan. *International Journal of Sediment Research*, 23, 106-118.

[8] Zhu, C. and Wang, X., 2009. Landslide Susceptibility Mapping: A Comparison of Information and Weights-of Evidence Methods in Three Gorges Area. *International Conference on Environmental Science and Information Application Technology*, IEEE, DOI 10.1109/ESIAT.2009.187, 342-346.

[9] Moore, I.D., Gessler, P.E., Neslesn, G.A. and Peterson, G.A., 1993. Soil Attribute Prediction using Terrain Analysis. *Soil Science Society of American Journal*, 57(2), 443-452.

[10] Yesilnacar, E. and Hunter, G.J., 2004. Application of Neural Networks for Landslide Susceptibility Mapping in Turkey. In: *J.P. van Leeuwen and H.J.P. Timmermans*, eds., Recent Advances in Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning, 3-18.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.69]

[11] Gokceoglu, C., Sonmez, H., Nefeslioglu, H.A., Duman, T.Y. and Can, T., 2005. The March 17, 2005 Kuzulu Landslide (Sivas, Turkey) and Landslide Susceptibility Map of Its Near Vicinity. *Eng Geo*, l 81(1):65–83.

[12] Nefeslioglu, H.A., Gokceoglu, C. and Sonmez, H., 2008. An Assessment on the Use of Logistic Regression and Artificial Neural Networks with Different Sampling Strategies for the Preparation of Landslide Susceptibility Maps. *Engineering Geology*, 97, 171–191.

[13] Yilmaz, I., 2009. Landslide Susceptibility Mapping using Frequency Ratio, Logistic Regression, Artificial Neural Networks and Their Comparison: A Case Study from Kat Landslides (Tokat-Turkey). *Comp Geosc*, 35 (6), 1125-1138.

[14] Akgun, A. and Needet, T., 2010. Landslide Susceptibility Mapping for Ayvalik (Western Turkey) and its Vicinty by Multi Criteria Decision Analysis. *Environ Earth Science*, 61, 595–611.

[15] Poudyal, C.P., Chang, C., Oh, H.J. and Lee, S., 2010. Landslide Susceptibility Maps Comparing Frequency Ratio and Artificial Neural Networks: A case Study from the Nepal Himalaya. *Environ Earth Sci*, 61, 1049–1064.

[16] Regmi, N.R., Giardino, J.R. and Vitek, J.D., 2010. Modeling Susceptibility to Landslides using the Weight of Evidence Approach: Western Colorado, USA. *Geomorphology*, 115, 172–187.

[17] Van Western, C.J., 2002. *Use of Weights of Evidence Modeling for Landslide Susceptibility Mapping*, [lecture notes], Retriered from www.adpc.net/casita/case-studies p. 21.

[18] Remendo, J., Gonzales, A., Teran, J., Cendrero, A., Fabbri, A. and Chung, C., 2003. Validation of Landslide Susceptibility Maps, Examples and Applications from a Case Study in Northern Spain, *Natural Hazard*, 437-449.

[19] Pourghasemi, H.R, Moradi, H.R., Mohammadi, M. and Mahdavifar, M.R., 2009. Landslide Hazard Susceptibility Mapping and its Evaluation Using the Fuzzy Operators. *Journal Science and Technology Agriculture and Natural Resources*, 12(46A), 375-390.

[20] Pourghasemi, H.R., Moradi, H.R. Fatemi Aghda, S.M. Mahdavifar, M.R. and Mohammdi, M., 2009. Landslide Hazard Assessment Using Fuzzy Multi Criteria Decision- Making Method. *Iran-Watershed Management Science and Engineering*, 3(8), 51-63.

[21] Yesilnacar, E.K., 2005. *The Application of Computational Intelligence to Landslide Susceptibility Mapping in Turkey*. Ph.D. Thesis, Department of Geomatics the University of Melbourne, p. 423.

[22] Suzen, M.L. and Doyuran, V., 2004. A Comparision of the GIS based Landslide Susceptibility Assessment Method: Multivariate Versus Bivariate. *Environmental Geology*, 71, 303-321.

[23] Kincal, C., Akgun, A. and Koca, M.Y., 2009. Landslide Susceptibility Assessment in the Izmir (West Anatolia, Turkey) City Center and Its Near Vicinity by the Logistic Regression Method. *Environmental Earth Science*, Doi: 10.1007/s12665-009-0070-0.

[24] Swets, J.A., 1988. Measuring the Accuracy of Diagnostic Systems. *Science*, 240, 1285-1293.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.69]

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.1, No.2, Winter 2014
69-80

Landslide Susceptibility Zoning, Using Weight of Evidence Probabilistic Model

Pourghasemi H.R. [1], Moradi H.R. *[2], Mohammadi M.[1]

1- Ph.D. Candidate, Watershed Management Engineering, College of Natural Resources and Marine Science, Tarbiat Modares University, Mazandaran

2- Associate Prof., Dep. of Watershed Management Engineering, College of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University

Abstract

Landslide is among the natural disasters which cause many damages such as killing and wounding many peoples and lead to homelessness millions of households every year all over the world. The main objective of this research is making landslides susceptibility zoning, using Geospatial Information System (GIS) and probability model "weight of evidence" in limited areas of Haraz watershed located in Mazandaran province. Due to the mentioned objective, by using the field trip and aerial photographs interpretation, 78 landslide points were found and mapping of these landslides were prepared. The data informations about layers of slope, aspect, altitude, slope curvature, lithology, landuse, distance of river, distance of road, distance of fault, index of stream power, wetness index and sediment transport index were considered as effective factors on landslide events; and then theirs maps were digited in GIS field. By using the laws of probability, relations among factors and landslides were considered and mapping of landslide sensitivity areas in region was prepared. Model assessment was carried out by one third of landslide points, SCAI index and ROC curve. The results showed a high correlation between dangerous map and landslide distribution. The probability model precision was estimated as very well (79.87 %) in study area. The most important innovation of this research, comparing to other researches conducted, is using the factors such as slope curvature, index of stream power, wetness index and sediment transport index, as well as simultaneous employing of two important methods for evaluating the model (SCAI index and ROC curve).

.

Keywords: Landslide, Probability Theory, GIS, SCAI Index, ROC Curve.

* Correspondence Address: College of natural resources and marine science, Tarbiat Modares University (T.M.U), Noor, Mazandaran .Tel: 01226253101
Email: Morady5hr@yahoo.com

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.69]