

## مقایسه کارآیی دو مدل پهنه‌بندی خطر زمین لغزش (حائری و مورا) در آبخیز سیاه رودبار - گرگان

مسعود کورکی نژاد<sup>۱</sup>، مجید اونق<sup>۲</sup> و عادل سپهری<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری آبخیزداری و عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بافت، اعضای هیأت علمی گروه مدیریت مناطق بیابانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی

تاریخ دریافت: ۸۰/۱۲/۵؛ تاریخ پذیرش: ۸۳/۱۲/۲۲

### چکیده

شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین لغزش از طریق پهنه‌بندی توان خطر با مدل‌های تجربی مناسب، یکی از اقدامات اولیه در کاهش خسارت احتمالی و مدیریت خطر است. هدف اصلی این مقاله مقایسه کارآیی و مدل پهنه‌بندی خطر زمین لغزش موسوم به حائری-سمیعی و مورا-وارسون در حوضه آبخیز سیاه رودبار است. بدین جهت نقشه خطر زمین لغزش هر دو مدل در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و به صورت کروپلت راستری با ابعاد شبکه سلول ۱×۱ سانتی‌متر (به‌عنوان برآورد خطر نسبی) تهیه گردید. همچنین زمین لغزه‌های موجود از طریق مشاهدات زمینی و مورفومتری، به‌عنوان شاهد زمینی (مرجع خطر) نقشه‌بندی شد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که بین عدد خطر و کلاس خطر مدل حائری-سمیعی با تعداد، مساحت و حاصل ضرب تعداد در مساحت زمین لغزه‌های آبخیز همبستگی و ارتباط معنی‌دار در سطح یک درصد ( $P < 0/01$ ) وجود دارد، ولی این همبستگی در مدل مورا-وارسون معنی‌دار نمی‌باشد. این ارتباط نماینده برتری مدل منطقه‌ای حائری-سمیعی برای آبخیز سیاه رود است و نقشه خطر حاصل از آن با نقشه پراکنش زمین لغزه‌های موجود انطباق فضایی بالایی دارد.

**واژه‌های کلیدی:** زمین لغزش، پهنه‌بندی خطر، مدل حائری-سمیعی، کارآیی مدل، آبخیز سیاه رودبار

### مقدمه

زمین لغزش پدیده‌ای مرکب و هم سرشت و یکی از خطرات طبیعی غیرمنطقه‌ای به‌شمار می‌رود و با خسارات مستقیم و غیرمستقیم زیادی همراه است. رشد نامتوازن جمعیت سبب افزایش تصاعدی فشار بر منابع طبیعی و تغییر شدید کاربری زمین می‌شود که پیامد آن تشدید وقوع خطرات طبیعی حساس به دخالت‌های انسان بویژه خطر زمین لغزش با مکانیسم "اثر ماشه‌ای" است (اونق، ۱۳۸۰). برای پهنه‌بندی پتانسیل خطر نسبی ناپایداری دامنه‌ها و وقوع زمین لغزش‌ها دهها مدل عددی با عوامل،

وزن، نرخ، منطق محاسباتی و مقیاس متفاوت ابداع و در شرایط متنوع براساس شواهد زمینی و اسنجی اصلاح شده است (اونق، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۴).

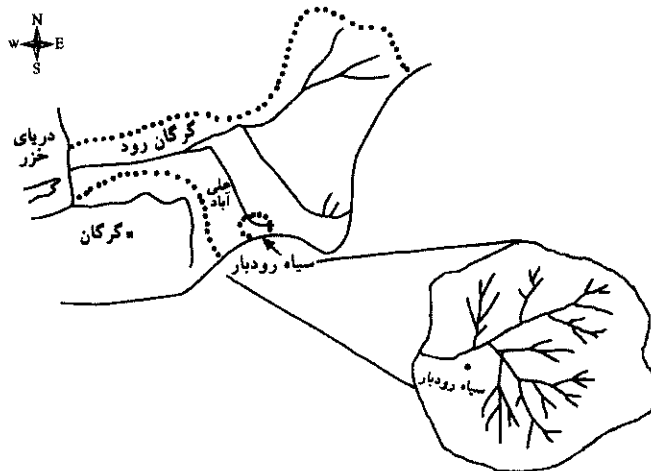
آن بالاگان (۱۹۹۲) منطقه کاتگوم واقع در هند را به روش امتیازدهی به عوامل خطر زمین لغزش پهنه‌بندی نموده است. این روش یک مدل عددی است که به اهمیت نسبی عوامل عمده مؤثر در ناپایداری دامنه شامل زمین‌شناسی، پستی و بلندی، پوشش گیاهی و آب زیرزمینی ارزش عددی می‌دهد. کولار و همکاران (۲۰۰۰) با تلفیق نقشه‌های نرخ شیب، نرخ سطح و سطح زمین



هدف اصلی این تحقیق، مقایسه کارایی دو مدل تجربی حائری-سمیعی و مورا-وارسون (برآورد خطر مستقل از تعداد و مساحت زمین لغزش‌های موجود) از طریق مقایسه نقشه‌های خطر با نقشه پراکنش و ابعاد هندسی زمین لغزش است. انتخاب مدل مناسب و اصلاح منطقه‌ای آن در مقیاس‌های فضایی مختلف می‌تواند به پیش‌بینی و مدیریت خطر زمین لغزش در متن برنامه‌های آمایش سرزمین کاربرد گسترده‌ای داشته باشد.

### مواد و روش‌ها

**موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه:** حوضه آبخیز سیاه رودبار در جنوب شرق شهرستان علی‌آباد و بین ۴۵، ۳۶ تا ۵۲، ۳۶ درجه عرض شمالی و ۲، ۵۵ تا ۱۲، ۵۵ درجه عرض شرقی واقع گردیده است. مساحت این حوضه آبخیز مرتفع ۱۱۹/۵ کیلومترمربع و در آن حداقل ارتفاع ۶۰۰، حداکثر ارتفاع ۳۰۰۰ و ارتفاع متوسط وزنی ۱۷۰۵ متر است. شیب متوسط وزنی حوضه ۳۲/۳۲ درصد، متوسط بارندگی سالانه ۴۶۸ میلی‌متر و تیپ اقلیم آن در روش آمبرژه نیمه مرطوب سرد است. سازنده‌های زمین‌شناسی حوضه شامل خوش ییلاق، قزل قلعه، مبارک، درود الیکا، رسوبات کواترنری و سنگ‌های آتشفشانی نکارمن است. جنگل‌های انبوه خزری و زراعت در تراس‌های رودخانه‌ای از کاربری اصلی ارضی حوضه به‌شمار می‌روند (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی آبخیز سیاه رودبار در استان.

لغزش ناحیه میزواران در شمال شرقی هند را تهیه و اظهار نموده‌اند که نقشه تهیه شده با زمین لغزش‌های موجود مطابقت دارد. لان و همکاران (۲۰۰۴) براساس ارزیابی عوامل لیتولوژی، ساختمان زمین‌شناسی، زاویه شیب، جهت شیب، ارتفاع و فاصله از گسل و تأثیر این عوامل در ناپایداری شیب‌ها مدلی را طراحی و نقشه خطر نسبی زمین لغزش آبخیز ژیا و جینگ چین را تهیه نموده‌اند. پژم (۱۳۷۵) حوضه‌الموت را با در نظر گرفتن پنج عامل شیب، زمین‌شناسی، جهت دامنه، شتاب افقی فزاینده زمین و ارتفاع در قالب روش آماری چند متغیره خطر زمین لغزش را پهنه‌بندی و بر قابلیت بالا برای پهنه‌بندی مناطق مشابه تأکید کرده‌اند.

حائری و سمیعی (۱۳۷۶) با تلفیق و اصلاح روش‌های مرسوم یک مدل وزنی منطقه‌ای برای منطقه البرز و جنگل‌های خزری، با امتیازبندی ۷ پارامتر و با ۷ کلاس خطر تدوین نموده‌اند. آنها مدل را در استان‌های مازنداران و گلستان در ابعاد سلولی ۱×۱ سانتی‌متر و مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ اجرا و براساس شواهد زمینی و نظر کارشناسی کارایی مدل را مطلوب ذکر کرده‌اند. مورا و وارسون مجموعه مطالعات موردی انجام شده در رابطه با وقوع زمین لغزش‌های آمریکای مرکزی را سازمان‌دهی و یک مدل عددی را با امتیازبندی ۵ پارامتر و با ۶ کلاس خطر ارائه نموده‌اند (شریعت جعفری، ۱۳۷۵).



لغزش‌های موجود در منطقه به‌عنوان شاهد زمینی شناسایی و مختصات جغرافیایی آنها به وسیله دستگاه مکان‌یاب<sup>۲</sup> (GPS) برداشت و نقشه‌بندی گردید. همچنین تیب و ابعاد زمین لغزش‌ها تعیین و ابعاد مورفومتریک آنها شامل حداکثر طول، حداکثر عرض و مساحت تصویر افقی آنها اندازه‌گیری شد.

### نتایج

**نقشه‌های خطر:** پس از تلفیق امتیاز عددی نقشه‌های موضوعی هر یک از عوامل مدل‌ها نقشه خطر زمین لغزش مدل حائری - سمیعی با ۴ کلاس (شکل ۲) و نقشه خطر زمین لغزش مدل مورا - وارسون با ۳ کلاس (شکل ۳) تهیه گردید. در نقشه خطر زمین لغزش مدل حائری - سمیعی بیشترین توزیع مساحت متعلق به کلاس خطر کم و کمترین متعلق به کلاس با خطر زیاد است. در نقشه خطر زمین لغزش مدل مورا - وارسون بیشترین توزیع مساحت متعلق به کلاس با خطر کم و کمترین متعلق به کلاس با خطر ناچیز است (جدول ۱).

**نقشه پراکنش زمین لغزش:** براساس مشاهدات زمینی، ۲۶ زمین لغزش با تراکم متوسط یک زمین لغزه در هر ۴/۶ کیلومتر مربع (۰/۲۲ زمین لغزه در هر کیلومتر مربع) به‌عنوان شاهد زمینی شناسایی و نقشه‌بندی گردید. زمین لغزش‌ها بیشتر در دو نوار نسبتاً عریض شمال غربی و جنوب شرقی حوضه تمرکز دارند. زمین لغزش‌ها بیشتر از تیب لغزش مواد مختلط<sup>۳</sup> (۷۳/۰۸ درصد) و تیب اسلالمپ<sup>۴</sup> (۲۶/۹۲ درصد) تشکیل شده‌اند. دامنه تفاوت مساحت تصویر افقی زمین لغزه‌ها بسیار زیاد است و از ۳۶ تا ۲۸۴۰ مترمربع در تغییر می‌باشد و مساحت میانگین آنها حدود ۴۶۷ مترمربع (حدود ۲۲×۲۲ متر) است (شکل ۴ و جدول ۲).

در این تحقیق کارایی دو مدل پهنه‌بندی حائری - سمیعی و مورا - وارسون در سطح تفصیلی و مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ در حوضه آبخیز سیاه رودبار واقع در استان گلستان در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد مورد مقایسه قرار گرفته است. معادله کلی آنها به‌ترتیب زیر است:

(۱)

$$HLS=(C_L P_L)(C_I P_I)(C_F P_F)(C_R P_R)(C_H P_H)(C_T P_T + C_E T_E)$$

که در آن:  $P_L$  لیتولوژی،  $P_F$  گسل،  $P_H$  بارندگی،  $T_E$ : شدت زمین لرزه،  $P_I$ : شیب،  $P_R$ : رودخانه و راه،  $T_P$ : شدت بارندگی و  $HLS$ : عدد خطر زمین لغزش است.

$$H_L = (S_R + S_L + S_H)(T_S + T_P) \quad (۲)$$

که در آن:  $S_R$ : رلیف،  $T_S$ : شدت بارندگی،  $S_L$ : لیتولوژی،  $T_E$ : شدت زمین لرزه،  $S_H$ : بارندگی و  $H_L$ : عدد خطر زمین لغزش است.

جهت پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ حوضه به شبکه متر یک<sup>۱</sup> (UTM) تبدیل و با ابعاد شبکه‌ای ۵۰۰×۵۰۰ متر و با ۵۱۴ سلول راستری شد. داده‌ها و لایه‌های اطلاعاتی عوامل هر دو مدل به تناسب ماهیت و موجودی، از منابع جدولی و نقشه‌ای متفاوت استخراج و محاسبه گردید این داده‌ها به پایگاه اطلاعاتی وارد و برای عملیات امتیازبندی، تولید نقشه‌های عوامل و نقشه نهایی خطر و آزمون آماری از قابلیت‌های نرم‌افزارهای Spss, Minitab, Excel, Mapinfo استفاده شد.

براساس نقشه‌های موضوعی، امتیاز عوامل هر دو مدل در هر سلول تعیین شد. این لایه‌های امتیاز براساس معادله کلی مدل‌ها با هم تلفیق و پس از محاسبه عدد خطر نسبی در هر سلول کلاس‌بندی گردید. در انتها براساس شباهت کلاس سلول‌ها، نقشه خطر زمین لغزش به صورت کروپلت تهیه شد.

به منظور مقایسه کارایی دو مدل در عملیات میدانی با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و با همکاری راهنمای محلی به منطقه از طریق پیمایش زمینی، زمین

۱- Universal Transverse Mercator

2- Global Positioning System

3- Debris flow

4- Slump



جدول ۱- مقایسه توزیع فراوانی کلاس‌های نقشه خطر دو مدل پهنه‌بندی خطر زمین لغزش.

مدل حائری- سمیعی			مدل مورا- وارسون		
کلاس خطر	مساحت (درصد)	مساحت (تراکمی)	کلاس خطر	مساحت (درصد)	مساحت (تراکمی)
I	بدون	-	I	ناچیز	۱
II	بسیار کم	۳۸/۳	II	خیلی کم	۳۰/۲
III	کم	۵۱/۴۰	III	کم	۶۹/۸
IV	متوسط	۹/۱۰	IV	متوسط	-
V	زیاد	۱/۲	V	زیاد	-
VI	خیلی زیاد	-	VI	خیلی زیاد	-
VII	فوق‌العاده زیاد	-	-	-	-

جدول ۲- تیپ و ابعاد زمین لغزش‌های موجود در آبخیز سیاه رودبار.

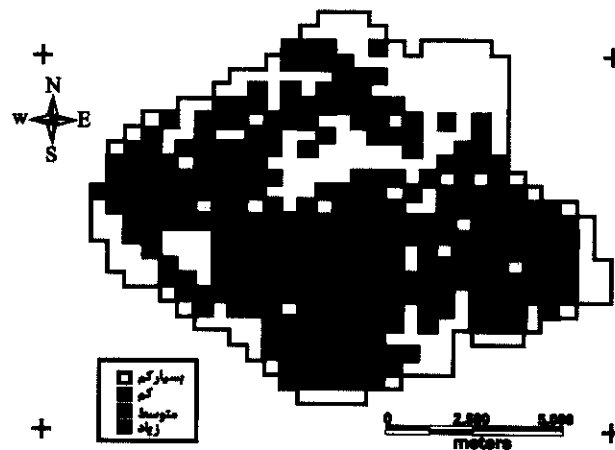
شماره	تیپ	حداکثر طول (m)	حداکثر عرض (m)	مساحت (m <sup>2</sup> )
۱	لغزش مواد مختلط	۹	۴	۳۶
۲	جریان مواد مختلط	۱۱	۵	۵۵
۳	لغزش مواد مختلط	۲۴	۴/۵	۱۰۸
۴	لغزش مواد مختلط	۳۲	۴	۱۲۸
۵	اسلامپ	۲۸	۵	۱۴۰
۶	اسلامپ	۳۵	۸	۲۸۰
۷	لغزش مواد مختلط	۲۵	۱۱	۲۷۵
۸	لغزش مواد مختلط	۳۸	۱۴	۵۳۲
۹	اسلامپ	۵۴	۱۲	۶۴۸
۱۰	اسلامپ	۶۸	۸	۵۴۴
۱۱	لغزش مواد مختلط	۵۷	۷	۳۹۹
۱۲	لغزش مواد مختلط	۲۹	۶	۱۷۴
۱۳	لغزش مواد مختلط	۴۶	۷/۵	۳۴۵
۱۴	اسلامپ	۲۳	۹	۲۰۷
۱۵	لغزش مواد مختلط	۱۹	۸	۱۵۲
۱۶	لغزش مواد مختلط	۱۴	۶	۸۴
۱۷	لغزش مواد مختلط	۳۵	۱۱	۳۸۵
۱۸	لغزش مواد مختلط	۷۱	۴۰	۲۸۴۰
۱۹	لغزش مواد مختلط	۵۴	۱۵	۸۱۰
۲۰	لغزش مواد مختلط	۲۸	۱۸	۵۰۴
۲۱	لغزش مواد مختلط	۴۶	۱۲	۵۵۲
۲۲	اسلامپ	۳۶	۹	۳۲۴
۲۳	اسلامپ	۴۳	۱۳	۵۵۹
۲۴	لغزش مواد مختلط	۲۷	۲۱	۵۶۷
۲۵	لغزش مواد مختلط	۴۲	۲۸	۱۱۷۶
۲۶	لغزش مواد مختلط	۳۰	۱۲	۳۶۰



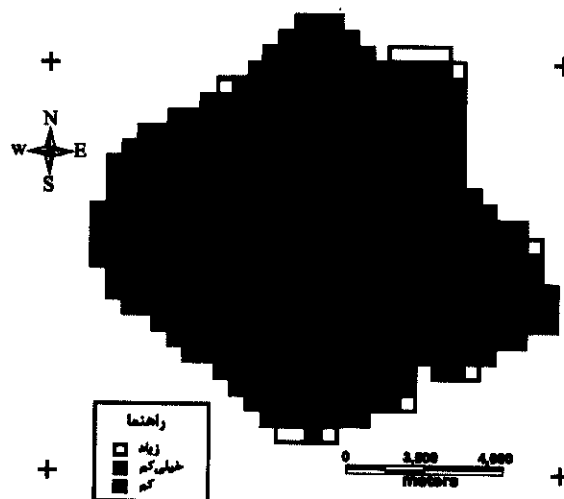
پارامترهای هفتگانه مدل حائری-سمیعی در هر سلول برقرار گردید، یکسان بود و تنها سه پارامتر شیب، طول رودخانه و راه و طول گسل در رگرسیون چند متغیره وارد نشدند و به نوعی همبستگی هود را نشان دادند در مدل مورا-وارسون این همبستگی و ارتباط معنی‌دار بین متغیرهای مستقل و وابسته وجود نداشت (جدول‌های ۳ و ۴).

مقایسه آماری دو مدل: جهت مقایسه آماری دو مدل از آزمون همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن و پیرسون استفاده گردید. نتایج حاصله نشان داد که بین اعداد و کلاس‌های خطر مدل حائری-سمیعی با مقادیر آماری زمین لغزش‌های موجود (تعداد، مساحت و حاصلضرب تعداد در مساحت لغزش) ارتباط و همبستگی معنی‌دار در سطح یک درصد ( $P < 0/01$ ) وجود دارد ولی این ارتباط در مدل مورا-وارسون مشاهده نگردید.

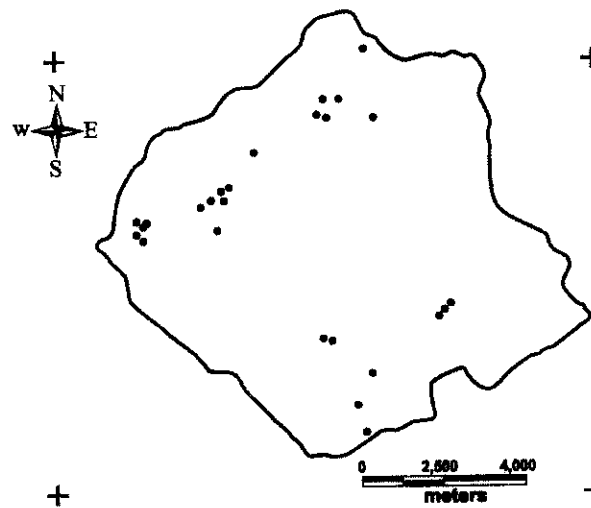
نتایج هر سه آزمون رگرسیونی مرحله‌ای، پیشرو و پسرو که بین مقادیر آماری زمین لغزه‌ها در امتیازات



شکل ۲- نقشه خطر زمین لغزش به روش حائری-سمیعی در آبخیز سیاه رودبار.



شکل ۳- نقشه خطر زمین لغزش به روش مورا-وارسون در آبخیز سیاه رودبار.



شکل ۴- نقشه پراکنش زمین لغزش آبخیز سیاه رودبار.

لغزش مطابقت بالایی دارد.

بنابر مطالعات حائری-سمیعی (۱۳۷۶) که توان خطر زمین لغزش را برای استان‌های مازندران و گلستان در داخل شبکه‌هایی با ابعاد  $1 \times 1$  سانتی‌متر در مقیاس  $1:250000$  پهنه‌بندی نموده‌اند، آبخیز سیاه رودبار تنها با سه کلاس خطر نسبی II، III و IV پهنه‌بندی شده است. در این تحقیق به علت ترقی سطح مطالعه و دقت بیشتر در مقیاس  $1:50000$  یک کلاس خطر (V) نیز به سه کلاس مذکور اضافه گردید و ثابت شد که ادعای آنها مبنی بر برتری و سازگاری این الگو برای منطقه البرز و جنگل‌های خزری به واقعیت زمینی نزدیک‌تر است.

از مزیت اصلی این مدل (و همچنین مدل مور-وارسون) اینکه در تعیین اهمیت نسبی و امتیازبندی عددی عوامل (وزن) و طبقات آنها (نرخ) از نقشه پراکنش، تعداد و مساحت تصویر افقی زمین لغزش‌های موجود که به‌ویژه در مناطق کوهستانی و جنگلی سخت‌ترین و پرهزینه‌ترین مرحله ارزیابی خطر می‌باشد، بی‌نیاز است، هر چند که در مدل‌های جدیدتر اهمیت نسبی و امتیاز طبقات عوامل خطر زمین لغزش بر تراکم، تعداد و مساحت زمین لغزش‌های موجود استوار می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

در حوضه سیاه رودبار از بین عوامل هفتگانه مدل حائری-سمیعی، بین عامل شیب، طول رودخانه و راه و طول گسل با صفات سه‌گانه زمین لغزش ارتباط معنی‌داری وجود دارد، در حالیکه در مدل مور-وارسون هیچ یک از عوامل پنجگانه با صفات سه‌گانه زمین لغزش ارتباط معنی‌داری ندارد. این موضوع برتری مدل حائری-سمیعی را بر مدل مور-وارسون در این حوضه آبخیز، تأیید می‌نماید. این یافته با نتایج مندی و همکاران (۲۰۰۱) که نقشه خطر زمین لغزش حوضه آبخیز آیداهو را تهیه نموده‌اند، مطابقت دارد. آنها نشان داده‌اند که از بین سه عامل ارتفاع، شیب و طول رودخانه، تنها عامل ارتفاع ارتباط معنی‌داری با زمین لغزش دارد.

در این تحقیق مشخص گردید که توزیع فضایی نقشه کلاس‌های خطر مدل حائری-سمیعی با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها مطابقت بالایی دارد که با کلیات نتایج تحقیق فتاحی اردکانی (۱۳۷۹) در حوضه سد لتیان همسویی دارد. وی با مدل نیلسن و ارزش اطلاعاتی خطر زمین لغزش این حوضه آبخیز را پهنه‌بندی نمود و نتیجه گرفت که مدل ارزش اطلاعاتی با نقشه پراکنش زمین



مدل	تعداد لغزش	مساحت لغزش	تعداد × مساحت لغزش
کلاس‌های خطر حائری- سمیعی (II, III, IV, V)	۰/۲	۰/۲۱۴	۰/۲۱۳
تعداد داده	۵۱۴	۵۱۴	۵۱۴
کلاس‌های خطر مورا- وارسون (I, II, III)	-۰/۰۱۳ <sup>ns</sup>	-۰/۰۲۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۸ <sup>ns</sup>
تعداد داده	۵۱۴	۵۱۴	۵۱۴

جدول ۴- همبستگی پیرسون بین امتیازهای دو مدل با تعداد مساحت و تعداد مساحت لغزش در هر سلول.

مدل	تعداد لغزش	مساحت لغزش	تعداد × مساحت لغزش
عدد خطر حائری- سمیعی	۰/۲۸۷ <sup>xx</sup>	۰/۲۷۸ <sup>xx</sup>	۰/۳۳۱ <sup>xx</sup>
تعداد داده	۵۱۴	۵۱۴	۵۱۴
عدد خطر مورا- وارسون	-۰/۰۴۰ <sup>ns</sup>	-۰/۰۳۵ <sup>ns</sup>	-۰/۰۴۷ <sup>ns</sup>
تعداد داده	۵۱۴	۵۱۴	۵۱۴

xx در سطح یک درصد معنی‌دار است. ns = معنی‌دار نیست.

برای اصلاح و بازنگری توسط پژوهشگران بعدی باز می‌باشد.

### سیاسگزاری

از همکاری آقای مهندس امیر سعدالدین و مساعدت سازمان‌های اجرایی در انجام این تحقیق صمیمانه قدردانی می‌شود.

در مقایسه تطبیقی مدل‌ها نیز مشخص شده که ریشه اصلی مدل حائری- سمیعی به نوعی در مدل مورا- وارسون نهفته است که با تلفیق چند روش و اصلاحات لازم برای شرایط ایران به‌ویژه منطقه البرز و جنگل‌های خزری ابداع شده است (اونق، ۱۳۸۰) و ساختار و منطق محاسباتی و قابلیت تعمیم آن در مقیاس ناحیه‌ای تا محلی

### منابع

- اونق، م. ۱۳۸۰. حرکت‌های توده‌ای زمین. جزوه درسی کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۲۰ ص.
- پژم، م. ر. ۱۳۷۵. بررسی و ارائه مدل جهت پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای در حوضه آبخیز الموت رود. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، ۹۰ ص.
- حائری، س م و ا، سمیعی. ۱۳۷۶. روش جدید پهنه‌بندی مناطق شیب‌دار در برابر خطر لغزش زمین با تکیه بر بررسی‌های پهنه‌بندی استان مازندارن. فصلنامه علمی پژوهشی علوم زمین. سال ششم. شماره ۲۳. ص ۲ تا ۱۶.
- شریعت جعفری، م. ۱۳۷۵. زمین لغزش (مبانی و اصول پایداری شیب‌های طبیعی). انتشارات سازه، ۲۱۸ ص.
- فتاحی اردکانی، م. ع. ۱۳۷۹. بررسی و ارزیابی کارآیی مدل‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش و تکنیک‌های سنجش از دور و GIS در حوضه آبخیز سد لتیان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. مرکز آموزش امام خمینی، ۱۲۵ ص.
- کورکی نژاد، م. ۱۳۸۰. مقایسه کارآیی دو مدل پهنه‌بندی خطر زمین لغزش (حائری و مورا) با استفاده از ساج در آبخیز سیاه رودبار- گرگان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۷۱ ص.
- Anbalagan, R. 1992. Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain. Eng. Geol. Vol. 32, 269- 277.
- Khullar, V. K., Sharam R.P., and Parmanik, K. 2000. A GIS approach in the landslide zone of Lawngthlia in southern Mizoran. Landslide: Proceeding of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Landslide, Vol. 3, 1461- 1472.



9. Lan, H.X., Zhou, C.H, Wang, L.J., and Li, R.H. 2004. Landslide hazard spatial analysis and prediction using CIS in the Xiaoping watershed, yunnan, china. *Engineering Geology*, Vol. 76, 109-128.
10. Mandy, L.G, Andrew, W.M., Richard, A., and Stephan, G.C. 2001. Assessing landslide potential using GIS, soil wetness modeling, and topographic attribute, Payette River, Idaho, *Geomorphology*, Vol. 37, 149- 165.
11. Ownegh, M. 2002. Landslide hazard, and risk assessment in the southern Sunbirds of Newcastle, Sabbatical research report No. 2, University of Newcastle, Australia, 85 pp.
12. Ownegh, M. 2004. Assessing the applicability of the Australian landslide databases in hazard management, *Proceedings of ISCO, 2004, Brisbane*, 4 to 8 July. Australia, pp 1001- 1006.





---

---

## Comparing applicability of two landslide hazard zonation models in Cia-Rudbar watershed, Gorgan

<sup>1</sup>M. Korkinejad, <sup>2</sup>M. Ownegh and <sup>2</sup>A. Sepehri

<sup>1</sup>Former Post-graduate student and faculty member of Azad University of Baft; <sup>2</sup>Faculty of Range and watershed Management of university of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

---

---

### Abstract

Identification of areas susceptible to landslide occurrence is one of the basic measures in reduction of possible risk, and hazard management. The main aim of this paper was to compare applicability of two landslide hazard zonation models (named Haeri-Samiee model, and Mora-Varson model) in CIA-Rudbar watershed. For this purpose hazard map prepared for each of the models as a raster choropleth map at 1:50000 scale, and 1×1 grid cellsize (estimated of relative hazard). Also current landslides were identified by type and morph metric dimensions, and finally mapped as landslide inventory map as ground truth (hazard reference) through field works. Research results show that there is a significant correlation at the 0.01 level ( $p < 0.01$ ) between potential hazard values, and classes and the landslides number area, and the multiplication of the number, and area in each cell in the H.-S. Model. But there is not a significant correlation in the M.-V. Model. Therefore H.-S. Model is the suitable model for the study area and provided hazard map has high spatial compatibility to the current landslide inventory map.

**Keywords:** Landslide; Hazard zonation; Haeri-Samiee; Model applicability; Cia-Rudbar watershed

