

## تحلیل عوامل مؤثر بر تشکیل و گسترش بدلندها در حوضه ماملو، جاجرود

**عیسی جوکار سرهنگی\***

دانشیار دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، گروه جغرافیا، دانشگاه مازندران، ایران

**رضا اسماعیلی**

دانشیار دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، گروه جغرافیا، دانشگاه مازندران، ایران

**نرگس مرتضایی**

کارشناسی ارشد هیدروژئومورفولوژی، دانشگاه مازندران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۶/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۱۱

### چکیده

بدلند مرحله گسترده و نهایی فرسایش آبی است که تحت شرایط خاص محیطی به وجود می‌آید. در این پژوهش نقش عوامل محیطی شامل سازندهای زمین‌شناسی، ارتفاع، شیب، جهت دامنه و پوشش گیاهی و کاربری در فرسایش بدلند و پهنه‌بندی آن در حوضه ماملو مورد بررسی قرار گرفته است. به‌منظور تهیه نقشه حساسیت فرسایش بدلند در ابتدا نقشه پراکنش بدلندهای منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و برداشت‌های میدانی تهیه شد. سپس نقشه‌های هر کدام از عوامل به‌عنوان متغیرهای مستقل تهیه و طبقه‌بندی گردید. در مرحله بعد، نقشه بدلندهای منطقه به‌عنوان متغیر وابسته بر روی هر یک از عوامل مؤثر هم‌پوشانی شد و تراکم سطح بدلندها به دست آمد. برای تهیه نقشه پهنه‌بندی با استفاده از روش همبستگی، وزن هر عامل نیز به دست آمد. نتایج نشان داد که بدلندها در مناطق با گل‌سنگ، مارن، گچ و کنگلومرای قرمز، ارتفاع کمتر از ۱۴۰۰ متر، شیب ۱۰-۵ درصد با پوشش گیاهی و کاربری پارک خجیر و مرتع بیشترین تراکم را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین محاسبه میزان همبستگی بین متغیرهای مستقل و وابسته نشان داد که به ترتیب عوامل شیب، ارتفاع، پوشش و کاربری اراضی و جنس سنگ بیشترین تأثیر را در فرسایش بدلند منطقه مورد مطالعه دارا می‌باشند. ارزیابی نقشه‌های پهنه‌بندی با استفاده از شاخص نسبت تراکمی نشان داد که مقدار شاخص جدا کردن طبقات حساسیت در روش تراکم سطح ۲/۵ و در روش همبستگی ۲/۶۹ است، بنابراین روش همبستگی دقت بیشتری در تفکیک طبقات حساسیت فرسایش بدلند در منطقه دارد.

**واژگان کلیدی:** بدلند، ماملو فرسایش آبی، روش همبستگی.

## مقدمه

یکی از مخرب‌ترین فرآیندهای فرسایش آبی بدلندها می‌باشند. بدلندها به دلایل گوناگون مانع کاربری کشاورزی می‌شوند؛ برخی از دلایل آن عبارت است از فقدان پوشش گیاهی مناسب، شیب زیاد، تراکم آبراهه‌ای بالا، عمق کم تا عدم وجود خاک و سرعت زیاد فرسایش (هوارد، ۲۰۰۹). بدلندها نقش بارزی در فراوانی رسوبات و به تبع آن پر نمودن حوضه‌های رسوبی دارند و عملیات حفاظت آب‌و خاک در حوضه‌های رسوبی را با مشکل مواجه می‌سازند. بدلندها باعث فقر مواد آلی و معدنی در زمین‌های کشاورزی (به‌واسطه خروج رسوب حاصل‌خیز) می‌شوند. ناپایداری زمین‌های تحت فرسایش بدلندی (فرونشست زمین و عدم امکان ایجاد تأسیسات عمرانی) از دیگر مشکلات به وجود آمده در این زمینه است. بدلندها در نتیجه نیروی تخریبی آب در روی دامنه‌ها ایجاد می‌گردند و مرحله تکاملی انواع فرسایش به بدلند ختم می‌شود (احمدی، ۱۳۸۶).

امروزه در اکثر مناطق جهان فرآیند فرسایش آبی و پیامدهای حاصل از آن، از مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی به شمار می‌رود که لزوم مطالعه این فرآیند امری ضروری به نظر می‌رسد (جوادی و همکاران، ۱۳۸۹). مطالعات خارجی در مورد بدلندها بیشتر راجع به فرآیندهای آن است که توسط کمپیل (۱۹۸۹) انجام شده و شامل بحث در مورد آب‌وهوا، زمین‌شناسی، ویژگی‌های جغرافیایی، رهاسازی رسوب، رده‌بندی سنگ‌ها در زمین‌های بدلند و همچنین اندازه‌گیری میدانی از فرآیندهایی مثل آب‌کنند و پای پینگ که گاهی به بدلند ختم می‌شود، بوده است (هوارد، ۲۰۰۹). گروبین و برایان (۲۰۰۶) در مقاله‌ای با عنوان ویژگی‌های سنگ‌شناسی و واکنش‌های ناشی از هوازگی در تپه‌های بدلندی، به مطالعه شیارها و شبکه‌های شیاری در نواحی بدلندی پرداختند. نتایج نشان داد که پهنا و عمق شیارها از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۳ سیر نزولی داشته، همچنین زمین‌های پف کرده<sup>۱</sup> که در سال ۲۰۰۱ ایجاد شده‌اند تا سال ۲۰۰۳ به سمت باریک شدن تغییر کرده‌اند. سیکسانی و همکاران (۲۰۰۹) در مقاله‌ای تحت عنوان تغییرات مورفودینامیک و مورفولوژی بدلند در طی ۵۰ سال، منطقه‌ای در جنوب توسکای ایتالیا را مورد مطالعه قرار دادند. در این پژوهش بررسی مورفودینامیک بر مبنای نقشه‌برداری میدانی سیستماتیک در یک دوره ۱۲ ساله (۲۰۰۶-۱۹۹۴) و تحلیل عکس‌های زمین‌شناسی در محدوده ۳۰ کیلومترمربع انجام شد. دشموخ و همکاران (۲۰۱۱) در مقاله‌ای تحت عنوان تحلیل و توزیع ژئومورفولوژیکی بدلندهای پیرامون محل تلاقی دو رودخانه نرمادا<sup>۲</sup> و شر<sup>۳</sup> در هند، به بررسی ویژگی‌های این بدلندها پرداخته‌اند. هدف از پژوهش بررسی دو بدلند مهم برای شناسایی ویژگی‌های مورفولوژیکی آن‌ها بوده است. روش کار به این صورت بوده است که لایه‌های مختلفی از الگوی زهکشی، منحنی ارتفاعی، منحنی سرعت جریان آب (تعیین عمق ته نشست رسوب) و شیب در محیط GIS تعیین شد. مشخصات متنوعی از لایه‌های اطلاعاتی به دست آمد که پارامترهای مورفولوژیکی گوناگونی را محاسبه می‌کرد. نتایج نشان داد که حدود ۷۵٪ از منطقه بدلندی، بر روی ته نشست‌های رسوبی بوده که عمق

1- Popcorn

2- Narmada

3- Sher

رسوب‌های آن بیش از ۱۲۰ متر بوده است. همچنین در بررسی که بر روی بدلندهای آونلی<sup>۴</sup> در کانادا صورت گرفته است به این نتیجه رسیده‌اند که زمین‌شناسی و نوسانات فصلی آب‌وهوا بر ویژگی‌های ژئوهیدرولوژی بدلندها مؤثر است (اعظم و خان، ۲۰۱۳).

در مورد بدلندها در ایران مطالعات اندکی صورت گرفته است. قدیمی عروس محله (۱۳۷۶) در یک طرح پژوهشی با عنوان شناخت و طبقه‌بندی مارن‌ها و بدلندها در حوضه آبخیز فرقان به بررسی بدلندها پرداخت. هدف از این پژوهش طبقه‌بندی سازندهای مارنی و بدلندی بر اساس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیائی بود. روش مطالعه به این صورت بود که ابتدا کلیه سازندهای مارنی و بدلندهای حوضه آبخیز فرقان مشخص شده و پس از مشخص کردن آن‌ها در روی نقشه اقدام به نمونه‌برداری شد. آزمایش‌های مربوطه، کلیه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیائی چنین عرصه‌هایی را مشخص کرد و سپس بر اساس ویژگی‌های مذکور سازندهای مارنی و بدلندها، طبقه‌بندی و نقشه‌های با مقیاس حداقل ۱:۲۵۰۰۰۰ برای عرصه پژوهش ارائه شد. در نتیجه برای اجرای طرح، مراحل مختلفی در نظر گرفته شد که تهیه نقشه‌های سنگ‌شناسی، شیب و جهت، سیستم‌های فرسایش، خاک‌شناسی و طبقه‌بندی مارن‌ها محور اصلی را تشکیل می‌دهند. با انجام این پژوهش ارائه روش طبقه‌بندی احتمالی مارن‌ها و بدلندها برای اولین بار در کشور میسر شد. از دیگر پژوهش‌های انجام شده در این زمینه می‌توان به پایان‌نامه کارشناسی ارشد رضایی لیواری (۱۳۹۱) اشاره نمود که در آن پس از بررسی نقاط دارای بدلند در هر کدام از نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع مشخص شد که تنها متغیر ارتفاع در تعیین نواحی بدلندی مورد مطالعه حائز اهمیت است.

با توجه به این‌که بررسی ساز و کار فرسایش و جلوگیری از به هدر رفتن یکی از غنی‌ترین و با ارزش‌ترین منابع طبیعی کشور یعنی خاک و مبارزه با این فرآیند کمال اهمیت را دارد (زنگنه اسدی و همکاران، ۱۳۸۸)، این پژوهش به‌منظور شناسایی و تحلیل مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تشکیل و گسترش بدلندها و تهیه نقشه پهنه‌بندی حساسیت آن در حوضه ماملو انجام شده است. منطقه مورد مطالعه با سازندهای زمین‌شناسی حساس، آب‌وهوای نیمه‌خشک و توپوگرافی متنوع، شرایط طبیعی برای ایجاد اشکال پیشرفته فرسایش آبی به‌ویژه بدلندها را دارا است (شکل ۱).

4- Avonlea



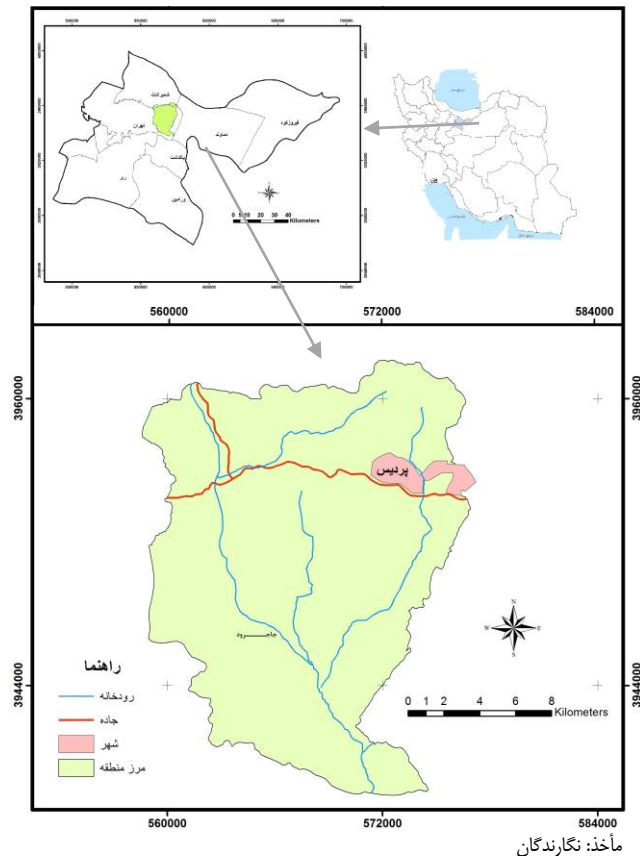
مأخذ: نگارندگان

شکل ۱: تصاویری از فرسایش بدلند در منطقه مورد مطالعه

## داده‌ها و روش‌ها

### موقعیت جغرافیایی منطقه

حوضه ماملو در عرض جغرافیایی  $35^{\circ} 35'$  تا  $35^{\circ} 48' 06''$  شمالی و طول جغرافیایی  $51^{\circ} 38' 53''$  تا  $51^{\circ} 50' 50''$  شرقی در شرق تهران در حوضه جاجرود و در حدفاصل سد لتیان تا سد ماملو واقع شده است (شکل ۲). در این حوضه با وسعت  $30647$  هکتار، هیجده منطقه بدلندی شناسایی شد که مجموع این مناطق با هم  $3817/57$  هکتار از مساحت حوضه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده‌اند. حدود  $70$  درصد از مناطق بدلندی ( $2672/2$  هکتار) برای تهیه نقشه پهنه‌بندی و  $30$  درصد باقی‌مانده ( $1145/3$  هکتار) برای ارزیابی مدل مورد استفاده قرار گرفت. مناطق بدلندی در سراسر حوضه مورد مطالعه پراکنده می‌باشند؛ اما بیشترین پراکنش بدلند در قسمت‌های جنوب، جنوب شرقی و مرکز می‌باشد. بزرگ‌ترین بخش بدلندی با مساحت  $1273/5$  هکتار در جنوب شرقی منطقه قرار گرفته است.



شکل ۲: نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

## روش پژوهش

به منظور بررسی عوامل مؤثر در شکل گیری و گسترش بدلندهای منطقه مورد مطالعه، ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی و ثبت موقعیت مناطق بدلندی، محدوده بدلندها تعیین گردید. سپس نقشه‌های عوامل مؤثر در منطقه، شامل نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، نقشه‌های شیب، طبقات ارتفاع و جهت دامنه از نقشه‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه پوشش گیاهی و کاربری منطقه از سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور تهیه و طبقه‌بندی شدند. آنگاه هریک از این عوامل به‌عنوان متغیرهای مستقل با نقشه پراکنش بدلندهای منطقه به‌عنوان متغیر وابسته هم‌پوشانی شده و بر این اساس، مساحت بدلندها در طبقات مختلف هریک از عوامل به دست آمد. برای نرمال‌سازی داده‌ها، مساحت بدلندها در هریک از طبقات بر مساحت آن تقسیم شد و تراکم سطح در طبقه‌های مختلف عوامل محاسبه شد. ضرایب تراکم سطح طبقات عوامل مؤثر برای تهیه نقشه پهنه‌بندی باهم جمع شده و نقشه حساسیت فرسایش بدلند با این روش تهیه گردید.

برای اولویت‌بندی عوامل مؤثر در این پژوهش از روش همبستگی استفاده شده است. آماده‌سازی داده‌ها برای تحلیل همبستگی شامل تعیین نوع داده‌ها برای مثال کمی یا کیفی بودن داده‌ها، کمی نمودن داده‌های کیفی و طبقه‌بندی

داده‌هاست. از آنجایی که متغیرهای کمی مورد بررسی در این پژوهش طبقه‌بندی شده‌اند، در واقع آن‌ها را به متغیرهای غیر کمی تبدیل نموده‌ایم. از این رو برای طبقات عوامل مؤثر بر اساس متغیرهای ترتیبی کد یک تا حداکثر هفت در نظر گرفته شد. وزن دهی به لایه‌ها نیز بر مبنای میزان همبستگی است. وزن‌های به دست آمده در این روش ( $W_c$ ) به عنوان بستری برای عوامل مؤثر به کار گرفته شد و بر پایه آن (رابطه ۱) نقشه حساسیت فرسایش بدلند در منطقه تهیه شد. در این رابطه  $x_1$  تا  $x_4$  به ترتیب عوامل جنس زمین، ارتفاع، شیب، پوشش گیاهی و کاربری می‌باشند.

$$\text{رابطه ۱)} \quad x_4 + 0.18x_3 + 0.96x_2 + 0.65x_1 = \text{شاخص پهنه‌بندی}$$

برای ارزیابی دقت نتایج در این پژوهش از شاخص نسبت تراکمی<sup>۵</sup> استفاده شده است. تاکنون از این روش برای ارزیابی و مقایسه کارایی روش‌های پیش‌بینی خطر زمین‌لغزش استفاده شده است (نیازی و همکاران، ۱۳۸۹). برای ارزیابی تفکیک نقشه حساسیت فرسایش بدلند از رابطه ۲ بهره گرفته شد. هر چه مقدار  $Q_b$  بیشتر باشد، آن روش دقت بیشتری در تفکیک طبقات حساسیت دارد.

$$\text{رابطه ۲)} \quad Q_b = \sum_{i=1}^n (D_r - 1)^2 * B$$

در این رابطه،  $Q_b$  شاخص تفکیک حساسیت فرسایش بدلند،  $D_r$  نسبت حساسیت فرسایش در هر طبقه به مساحت کل فرسایش در سطح کل منطقه،  $B$  نسبت مساحت هر طبقه حساسیت به مساحت کل منطقه و  $N$  تعداد طبقات حساسیت است. شاخص بدون بعد نسبت تراکمی ( $D_r$ ) که برای ارزیابی دقت روش‌ها در هر یک از طبقات حساسیت ارائه شده است، از رابطه ۳ محاسبه می‌شود:

$$\text{رابطه ۳)} \quad D_r = \frac{(B_i/A_i)}{\sum_i^n B_i / \sum_i^n A_i}$$

$D_r$  نسبت تراکمی،  $B_i$  مساحت بدلند در هر طبقه حساسیت،  $A_i$  مساحت هر طبقه حساسیت و  $n$  تعداد طبقات آن است.

## یافته‌های پژوهش

در این پژوهش مهم‌ترین عوامل مؤثر در تشکیل و گسترش بدلندهای منطقه مورد مطالعه شامل عوامل زمین‌شناسی، ارتفاع، شیب، جهت دامنه و پوشش گیاهی و کاربری به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند و نقش هر یک بر فراوانی فرسایش بدلند به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفت.

نقشه سازندهای زمین‌شناسی منطقه با متغیر وابسته یعنی بدلندهای منطقه در محیط GIS همپوشانی شد (شکل ۳) که بر پایه آن تراکم بدلندها در سازندهای مختلف زمین‌شناسی منطقه به دست آمد. نتایج در جدول ۱ آمده است. تراکم بدلندها در سازندهای مختلف متفاوت است که بیانگر تأثیر زیاد این عامل می‌باشد. بیشترین تراکم بدلندها در سازندهای حساس منطقه شامل گل‌سنگ، مارن و گچ، کنگلومرای قرمز، لاتریت و شن و قلوه سنگ مشاهده شده است. در مقابل،

<sup>5</sup> - Density Ratio

کمترین تراکم بدلندها در سازندهای مقاوم مشاهده شد که جنس غالب آن‌ها از آهک، آندزیت، دایک، سیل، توف و ماسه سنگ می‌باشد. رفاهی (۱۳۷۵) در توضیح فرسایش بدلند، سازندهای زمین‌شناسی را یکی از عوامل مؤثر در این شکل فرسایش عنوان نمود و اظهار داشت که فرسایش بدلند در زمین‌هایی است که حساسیت آن به فرسایش فوق‌العاده زیاد است. اساساً بدلندها در سنگ‌های از جنس مارن و سیلت، بیشترین گسترش را دارا می‌باشند. بنا به گفته هوارد (۱۹۹۴)، سردا و کارسیا (۱۹۹۷)، مشهدی (۱۳۷۹) و آزاد بخت (۱۳۸۸) مناطقی که از نهشته‌های رس، سیلت، مارن و حتی ماسه تشکیل شده‌اند، بستر مناسبی برای تشکیل و گسترش بدلندها می‌باشند.

منطقه مورد مطالعه از نظر ارتفاع به هفت طبقه ارتفاعی تقسیم شده است (شکل ۴). همان‌طور که در جدول ۲ آمده است، بیشترین مساحت متعلق به طبقه ارتفاعی ۱۸۰۰ - ۱۶۰۰ متر می‌باشد که ۳۴/۱۵ درصد از مساحت کل منطقه را به خود اختصاص داده است؛ اما بیشترین تراکم بدلندها در طبقات ارتفاعی کمتر از ۱۴۰۰ متر مشاهده شده است و در طبقات ارتفاعی بالاتر هیچ بدلندی ثبت نشده است. با افزایش ارتفاع، دما کاهش یافته و بارش اغلب به صورت برف است و پدیده یخبندان نیز باعث کندی پدیده خاک‌زایی و کاهش فرسایش آبی می‌گردد.

منطقه مورد مطالعه از لحاظ شیب نیز به هفت طبقه تقسیم شد که مساحت هر یک از این طبقات در جدول ۳ آمده است. بیشترین مساحت متعلق به طبقه ۲۰-۱۰ درصد است که ۳۴/۳۸ درصد از کل منطقه را در بر می‌گیرد. بیشترین تراکم بدلندها در طبقه ۱۰-۵ درصد و کمترین تراکم در شیب بالای ۵۰ درصد مشاهده شده است. بررسی شیب نشان می‌دهد که تراکم بدلندها در ابتدا با افزایش شیب زیاد شده، سپس در طبقات شیب بیش از ۱۰ درصد کاهش می‌یابد (شکل ۵). نتایج مطالعات باتانی<sup>۶</sup> و گریسمر<sup>۷</sup> (۲۰۰۰) نیز نشان داد که افزایش درصد شیب بین ۴ تا ۱۶ درصد، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر روی میزان تلفات خاک دارد.

از نظر جهت دامنه با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه در دامنه‌های جنوبی البرز قرار دارد، بیشترین مساحت متعلق به جهت جنوبی می‌باشد و گسترش بدلندها در منطقه نیز نسبتاً متناسب است و تفاوت زیادی بین تشکیل و گسترش بدلندها در جهت‌های مختلف دامنه‌ها وجود ندارد. انتظار این است که میزان گسترش بدلندها در دامنه‌های جنوبی بیشتر باشد، اما تراکم بدلندها در منطقه مورد مطالعه نشان داد که برخلاف انتظار در دامنه‌های جنوبی افزایش نمی‌یابد. این مسئله نشان می‌دهد که دیگر عوامل، تأثیر عامل جهت دامنه در منطقه را پوشش داده و نقش بیشتری در تشکیل و گسترش بدلندها دارند. به همین دلیل در این پژوهش از عامل جهت دامنه برای پهنه‌بندی حساسیت فرسایش بدلند استفاده نشد.

پوشش گیاهی و کاربری در منطقه شامل جنگل‌کاری، مرتع، حفاظتی، پارک خجیر، توده سنگی، باغ، دریاچه، مناطق مسکونی و تأسیسات است (شکل ۶). بیشترین مساحت این عامل مربوط به پارک خجیر و مناطق با پوشش مرتع می‌باشد که ۴۴/۳ درصد از سطح کل منطقه را به خود اختصاص داده‌اند. نقش پوشش گیاهی و کاربری اراضی در تشکیل و

<sup>۶</sup>Battany<sup>۷</sup>Grismer

گسترش بدلندهای منطقه نیز قابل ملاحظه است، به طوری که تراکم بدلندها در پارک خجیر، مرتع و مناطقی که به تازگی جنگل کاری شده، بسیار بالاست. در مقابل بر روی توده‌های سنگی منطقه و یا مناطق حفاظتی بدلند وجود نداشته و یا بسیار ناچیز است. این نتایج با پژوهش ثروتی و همکاران (۱۳۸۷) مبنی بر اینکه با کاهش پوشش گیاهی، شرایط جهت تولید رواناب بیشتر شده و در نتیجه افزایش دبی جریان در آبراهه، فرسایش بیشتری مشاهده می‌شود، مطابقت دارد. افزایش پوشش گیاهی از یک طرف باعث کاهش شدت و حجم رواناب‌های سطحی در اثر افزایش نفوذپذیری و ضریب زبری در سطح زمین شده و در نتیجه، کاهش تنش برشی رواناب‌های سطحی را در پی دارد و از طرف دیگر موجب افزایش حفاظ روی زمین شده و موجب ثبات خاک می‌شود (جعفری گرزین و همکاران، ۱۳۸۴).

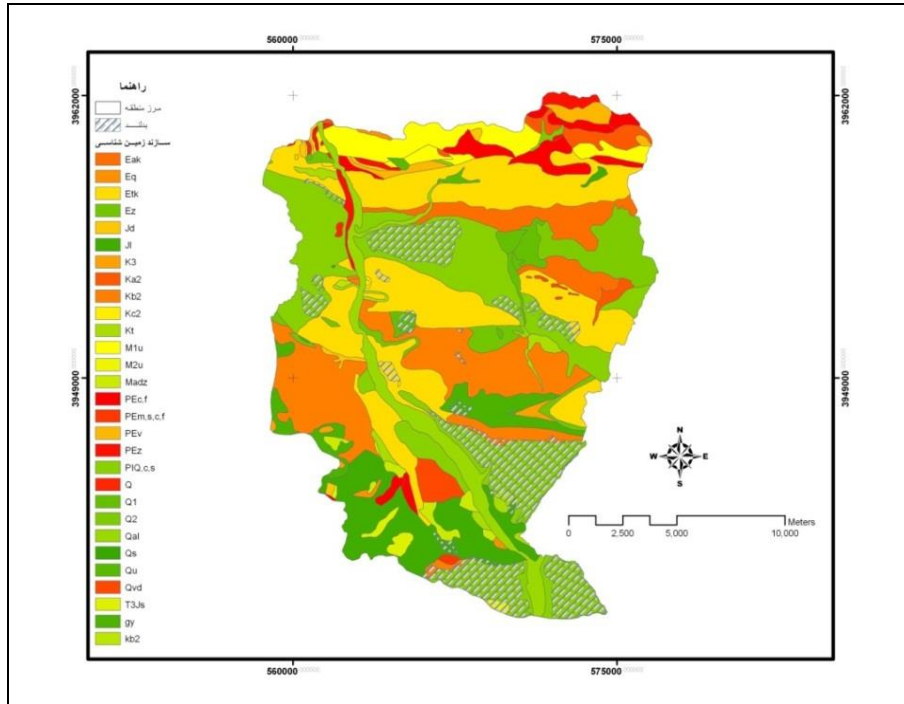
جدول ۱: مساحت و تراکم بدلندها در سازندهای زمین‌شناسی منطقه (به هکتار)\*

کد	طبقات سازند	مساحت	مساحت بدلند	تراکم سطح	$W_c$
۱	A	۷۴۰۳/۱۶	۱۰۷/۵۷	۰/۰۱۴۵	۰/۰۰۹۴
۲	B	۴۷۴۳/۹۱	۱۲۰/۹۵	۰/۰۲۵۵	۰/۰۱۶۶
۳	C	۱۳۳۷/۷۱	.	.	.
۴	D	۴۶۴۹/۲۹	۷۸/۱۰	۰/۰۱۶۸	۰/۰۱۰۹
۵	E	۱۳۵۸/۶۱	.	.	.
۶	F	۴۵/۱۹	۱/۶۱	۰/۰۳۵۷	۰/۰۲۳۲
۷	G	۲۹۷۹/۴۲	۸۶/۱۷	۰/۰۲۸۹	۰/۰۱۸۸
۸	H	۸۱۳۰/۳۴	۲۶۶۰/۵۴	۰/۳۲۷۲	۰/۲۱۲۷

مأخذ: نگارندگان

\* A: آهک، مارن و دولومیت، آندزیت، دایت، آگلومرا همراه با توف، B: آهک با لایه‌های نازک مارن، آهک نازک لایه و توده‌ای، آندزیت، دایک و دیوریت، آهک اربیتولین دار، گابرو و دیوریت، سیل، C: کواتریت سفید با درون لایه ماسه سنگ، کنگلومرای ضخیم لایه، ماسه سنگ و آهک، کنگلومرا و گچ، توف و شیل D: سیلتستون و شیل دولومیت‌دار، سیلتستون، شیل و ماسه سنگ، شیل، رس، ماسه سنگ و آهک، کنگلومرا و ماسه سنگ، آهک ماسه‌ای و مارنی، E: ماسه سنگ و مارن قرمز، ماسه سنگ و کنگلومرا، سیلتستون، F: ماسه سنگ و گل سنگ و سیلت، کنگلومرا، گل سنگ و مارن، G: گچ، مخروط افکنه کنگلومرائی، رسوبات آبرفتی H: گل سنگ، مارن و گچ، کنگلومرای قرمز، لاتریت و شن و قلوه سنگ.





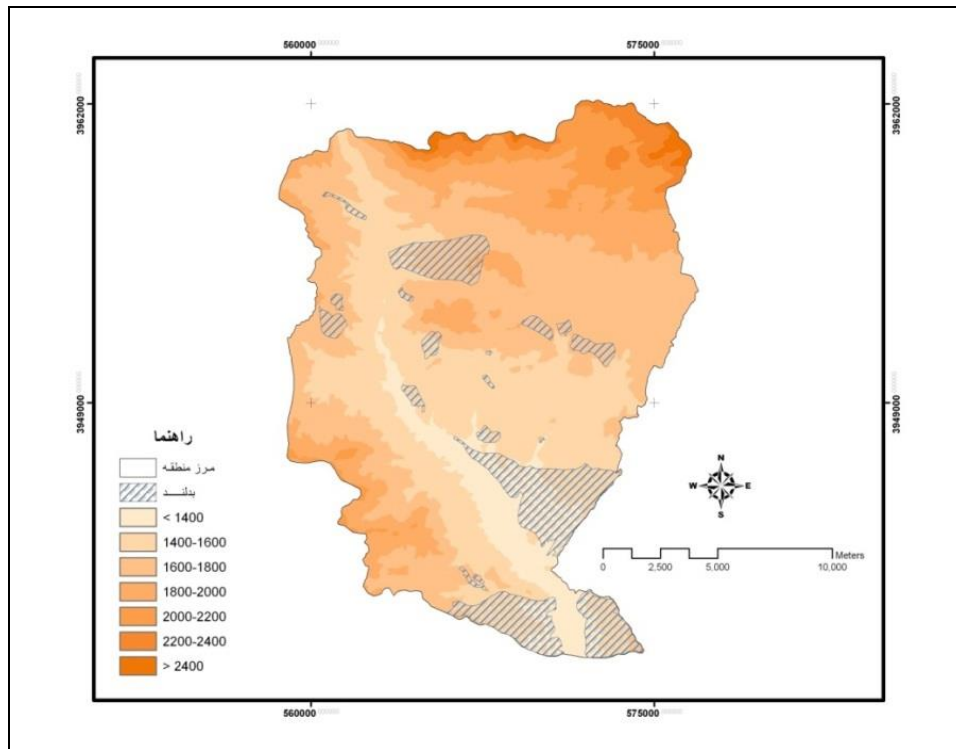
مأخذ: نگارندگان

شکل ۳: پراکنش بدند در سازندهای زمین شناسی منطقه

جدول ۲: مساحت و تراکم بدند در طبقات ارتفاعی منطقه

کد	ارتفاع (متر)	مساحت (هکتار)	مساحت بدند	تراکم سطح	$W_c$
۱	< ۱۴۰۰	۳۲۲۶/۳۹	۹۹۶/۷۶	۰/۳۰۸۹	۰/۲۹۶۵
۲	۱۴۰۰ - ۱۶۰۰	۹۶۳۸/۱۴	۱۲۵۷/۲۳	۰/۱۳۰۴	۰/۱۱۲۵۲
۳	۱۶۰۰ - ۱۸۰۰	۱۰۴۶۵/۰۰	۷۵۱/۹۱	۰/۰۷۱۸	۰/۰۶۸۹
۴	۱۸۰۰ - ۲۰۰۰	۴۴۲۲/۵۷	۴۹/۰۳	۰/۰۱۱۱	۰/۰۱۰۶
۵	۲۰۰۰ - ۲۲۰۰	۱۷۹۵/۲۸	.	.	.
۶	۲۲۰۰ - ۲۴۰۰	۸۶۱/۳۲	.	.	.
۷	> ۲۴۰۰	۲۳۸/۱۸	.	.	.

مأخذ: نگارندگان



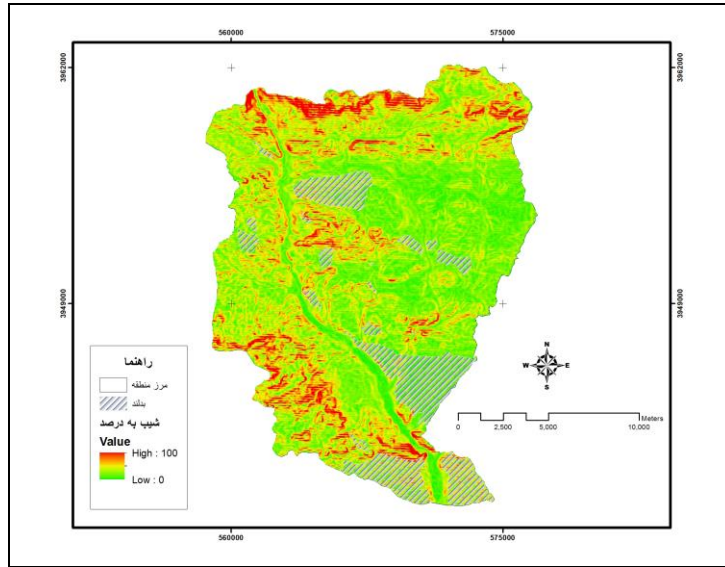
مأخذ: نگارندگان

شکل ۴: پراکنش بدلند در طبقات مختلف ارتفاع

جدول ۳: مساحت و تراکم بدلند در طبقات شیب منطقه (به درصد) مأخذ: نگارندگان

کد	طبقات شیب	مساحت (هکتار)	مساحت بدلند	تراکم سطح	$W_c$
۱	۰ - ۵	۲۰۷۲/۳۲	۲۴۳/۱۹	۰/۱۱۷۳	۰/۱۱۲۶
۲	۵ - ۱۰	۴۷۵۳/۴۰	۶۴۲/۸۷	۰/۱۳۵۲	۰/۱۲۹۷
۳	۱۰ - ۲۰	۱۰۵۲۶/۰۷	۱۱۹۷/۵۴	۰/۱۱۳۶	۰/۱۰۹۱
۴	۲۰ - ۳۰	۶۱۳۴/۴۴	۶۳۲/۵۱	۰/۱۰۳۲	۰/۰۹۹۱
۵	۳۰ - ۴۰	۳۴۹۵/۷۹	۲۴۶/۸۹	۰/۰۷۰۶	۰/۰۶۷۸
۶	۴۰ - ۵۰	۱۶۹۱/۶۲	۶۶/۷۷	۰/۰۳۹۴	۰/۰۳۷۸
۷	> ۵۰	۱۹۶۹/۵۱	۲۵/۰۹	۰/۰۱۲۷	۰/۰۱۲۲

مأخذ: نگارندگان



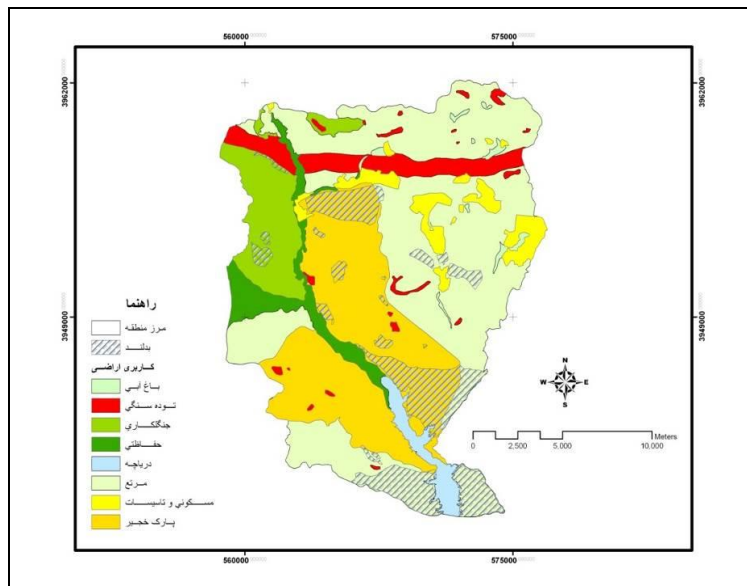
مأخذ: نگارندگان

شکل ۵: پراکنش بدلدن در نقشه شیب منطقه

جدول ۴: مساحت و تراکم بدلدن در پوشش گیاهی و کاربری اراضی منطقه

کد	پوشش گیاهی و کاربری	مساحت (هکتار)	مساحت بدلدن	تراکم سطح	$W_c$
۱	مسکونی و باغ	۱۶۸۷/۷۱	۰	۰	۰
۲	دریاچه سد	۷۸۲/۲۲	۰	۰	۰
۳	توده سنگی	۱۹۱۹/۵۸	۰	۰	۰
۴	جنگل کاری مصنوعی	۲۶۰۴/۳۳	۱۱۷/۶۴	۰/۰۴۵۲	۰/۰۳۶۲
۵	حفاظتی	۱۴۷۴/۴۳	۲/۷۸۷۰	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۱۵
۶	پارک خجیر	۸۵۹۶/۱۷	۱۴۵۸/۷۶	۰/۱۶۹۷	۰/۱۳۵۸
۷	مرتع	۱۳۵۸۳/۲۴	۱۴۷۵/۷۵	۰/۱۰۸۶	۰/۰۸۶۹

مأخذ: نگارندگان



مأخذ: نگارندگان

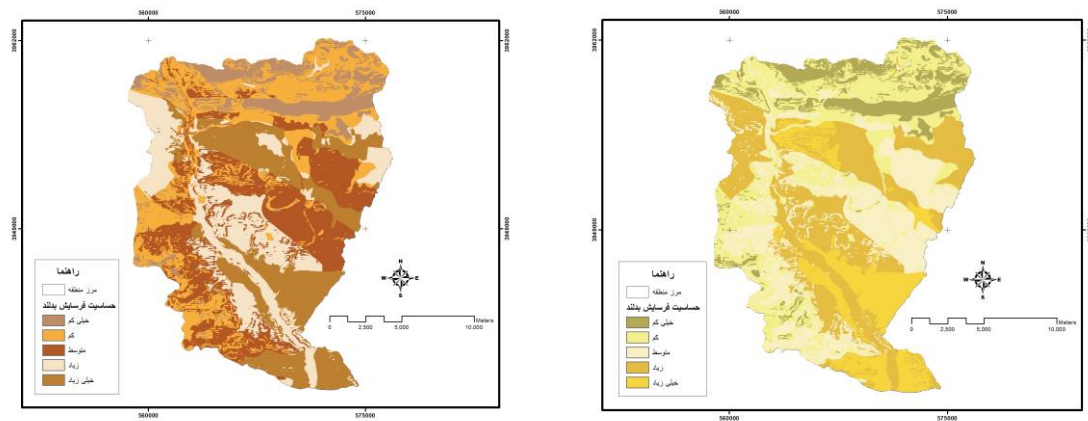
شکل ۶: پراکنش بدلدن در انواع پوشش گیاهی و کاربری منطقه

پس از محاسبه ضرایب تراکم سطح، مقادیر آن در لایه‌های اطلاعاتی اعمال شد و بر این اساس، نقشه حساسیت فرسایش بدلند تهیه گردید (شکل ۷)؛ اما برای اولویت‌بندی عوامل مؤثر در این پژوهش از روش همبستگی استفاده شده است. داده‌های عوامل مؤثر در شکل‌گیری بدلندهای منطقه به‌عنوان متغیرهای مستقل و لایه تراکم بدلند به‌عنوان متغیر وابسته مد نظر قرار گرفت و میزان همبستگی آن‌ها تعیین گردید. نتایج نشان می‌دهد که در منطقه مورد مطالعه عوامل ارتفاع و شیب هر یک با ضریب همبستگی ۰/۹۶ بیشترین تأثیر را در شکل‌گیری فرسایش بدلند در منطقه دارند. پس از آن عوامل پوشش و کاربری اراضی با ضریب ۰/۸ و جنس سنگ با ضریب ۰/۶۵ در گسترش بدلندهای منطقه تأثیرگذار بوده‌اند. جهت دامنه با ضریب ۰/۰۷ کم‌ترین نقش را در منطقه ایفاء کرده است. به همین دلیل از عامل جهت دامنه در پهنه‌بندی استفاده نشده است. به این ترتیب، وزن سایر عوامل که از روش همبستگی به دست آمد، در وزن طبقه‌های آن عامل ضرب شد و وزن نهایی هر طبقه و معادله نهایی پهنه‌بندی به دست آمد (رابطه ۱). بر اساس نقشه پهنه‌بندی حساسیت تهیه شده با این روش (شکل ۸)، حدود ۱۳/۱ درصد از مساحت منطقه حساسیت خیلی زیاد، ۲۷/۵ درصد حساسیت زیاد، ۲۵/۳ درصد حساسیت متوسط، ۲۴ درصد حساسیت کم و ۱۰/۲ درصد حساسیت خیلی کمی به فرسایش بدلند دارند. ارزیابی نقشه‌های پهنه‌بندی به کمک شاخص نسبت تراکمی و رابطه ۲ و ۳ به دست آمده که نتایج آن در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵: ارزیابی نقشه‌های حساسیت فرسایش بدلند با شاخص نسبت تراکمی

Qs	S	Dr	A <sub>i</sub> (ha)	B <sub>i</sub> (ha)	حساسیت	روش ارزیابی
۲/۵	۰/۱	۰	۳۰۳۴/۹۷	۰	خیلی کم	تراکم سطح
	۰/۲۴	۰	۷۳۳۲/۶۳	۰	کم	
	۰/۲۵	۰/۰۸	۷۷۶۴/۵	۱۵/۴۹	متوسط	
	۰/۲۱	۰/۷۳	۶۲۹۷/۶۴	۱۱۴/۶۷	زیاد	
	۰/۲	۴/۹۰	۶۲۱۶/۶۳	۶۳۲/۴۵	خیلی زیاد	
۲/۶۹	۰/۱	۰	۳۱۲۳/۳۲	۰	خیلی کم	همبستگی
	۰/۲۴	۰	۷۳۴۴/۸۳	۰	کم	
	۰/۲۵	۰/۰۸	۷۷۵۵/۳۸	۱۵/۰۷	متوسط	
	۰/۲۷	۱/۱۸	۸۴۱۸/۷۶	۲۴۶/۳۶	زیاد	
	۰/۱۳	۵/۰۳	۴۰۰۳/۰۶	۵۰۱/۱۲	خیلی زیاد	

مأخذ: نگارندگان



مأخذ: نگارندگان

**شکل ۷:** نقشه پهنه‌بندی حساسیت فرسایش بدلدن با روش تراکم سطح      **شکل ۸:** نقشه پهنه‌بندی حساسیت فرسایش بدلدن با روش همبستگی

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش ارتباط بین سازندهای زمین‌شناسی، ارتفاع، شیب، جهت دامنه و پوشش گیاهی و کاربری اراضی با فرسایش بدلدن در منطقه مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان داد عوامل شیب و ارتفاع دارای بیشترین تأثیر می‌باشند. شیب عامل اصلی در ایجاد نیروی برشی است و باعث ایجاد اشکال مختلف فرسایش می‌شود. بیشترین تراکم بدلدن بر روی طبقات شیب ۱۰-۵ درصد می‌باشد. بررسی ارتفاع در منطقه نشان داد که تراکم بدلدن‌ها و ارتفاع دارای همبستگی معکوس می‌باشند، به طوری که هر چه مقدار طبقات ارتفاع افزایش یابد، از تراکم بدلدن‌های منطقه کاسته شده و هرچه ارتفاع کاهش یابد، بر تراکم بدلدن‌ها افزوده می‌شود. از لحاظ پوشش گیاهی و کاربری اراضی بیشترین تراکم بدلدن مربوط به زمین‌های با پوشش مرتع و پارک خجیر است که بعد از تشکیل بدلدن‌ها، تحت حفاظت قرار گرفته‌اند. بررسی سازندهای زمین‌شناسی منطقه نشان داد بیشترین تراکم بدلدن در طبقات حساس زمین‌شناسی است که جنس آن‌ها عمدتاً گل‌سنگ، مارن و گچ، کنگلومرای قرمز، لاتریت و شن و قلوه سنگ می‌باشد. از نظر جهت، بین تراکم بدلدن در جهت‌های مختلف دامنه‌ها تفاوت مشخصی دیده نشد.

با تحلیل لایه‌های عوامل مؤثر در فرسایش بدلدن در منطقه و محاسبه تراکم سطح و همبستگی بین آن‌ها، نقشه‌های پهنه‌بندی حساسیت تهیه گردید. برای ارزیابی نقشه‌های مذکور از روش نسبت تراکمی بهره گرفته شد که بر اساس آن، روش همبستگی از دقت بالاتری برخوردار است، زیرا مقدار شاخص تفکیک طبقات حساسیت در روش همبستگی ۲/۶۹ و در روش تراکم سطح ۲/۵ به دست آمد. نتایج همچنین نشان می‌دهد که روش‌های مذکور در تفکیک طبقات حساسیت خیلی کم و کم‌دقت زیادی دارند، زیرا در این دو طبقه، فرسایش بدلدن مشاهده نشده است. روش همبستگی مبتنی بر وجود همبستگی و سطح معنی‌داری آماری بین عوامل مؤثر و متغیر وابسته (فرسایش بدلدن) می‌باشد و بیشتر بودن دقت این مدل بیانگر مناسب بودن روش اولویت‌بندی است.

## منابع

- ۱- آزاد بخت، ب. (۱۳۸۸): شناسایی شکل‌های ژئومرفولوژیک به‌منظور مدیریت محیط، مطالعه موردی ورقه تخت سلیمان. مجله علوم زمین، شماره ۸۰، صص ۱۲۶-۱۱۹.
- ۲- احمدی، ح. (۱۳۸۶): ژئو مرفولوژی کاربردی. جلد ۱ فرسایش آبی، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۵۷۵.
- ۳- ثروتی، م.ر، قدوسی، ج دادخواه، م. (۱۳۸۷): عوامل مؤثر در شکل‌گیری و گسترش فرسایش خندقی در لس‌ها. مجله منابع طبیعی. شماره ۷۸، صص ۳۳-۲۰.
- ۴- جعفری گرزین، ب.، دو مهری، ر.، صفایی، م.، احمدیان، س.ح. (۱۳۸۴): معرفی مدل‌هایی برای پیش‌بینی رشد حجم خندق مطالعه موردی: حوضه آبخیز سرخ‌آباد - مازندران. مجله منابع طبیعی. شماره ۷۵، صص ۱۱۷-۱۰۸.
- ۵- جوادی، م.، زهتابیان، غ.، احمدی، ح. (۱۳۸۹): مقایسه و برآورد پتانسیل تولید رواناب و رسوب معلق در واحدهای کاری مختلف با استفاده از باران ساز (مطالعه موردی: حوضه آبخیز نومه رود)، فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی. سال ششم، شماره دوم، صص ۱۴-۱.
- ۶- رضایی لیواری و (۱۳۹۱): کاربرد سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در تغییرات زمانی مشخصات کمی بدلند. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، ۱۰۴ ص.
- ۷- رفاهی، ح. (۱۳۷۵): فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۶۸ ص.
- ۸- زنگنه اسدی، م.ع.، سدید، ج.، کوشانفر، ع. (۱۳۸۸): ارزیابی فرسایش آبی حوضه آبریز سراب سفید ونایی بروجرد با استفاده از مدل پسیاک. فصل‌نامه جغرافیایی چشم‌انداز زاگرس، شماره ۲، صص ۶۴-۵۵.
- ۹- قدیمی عروس محله، ف. (۱۳۷۶): شناخت و طبقه‌بندی مارن‌ها و بدلندها در حوضه آبخیز. طرح پژوهشی، مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان مرکزی.
- ۱۰- مشهدی، ن. (۱۳۷۹): مطالعه اشکال شبه کارست با تأکید بر فرسایش پای پینگ (مطالعه موردی جنوب سمنان)، مجله بیابان، شماره ۲۰، صص ۶۴-۵۱.
- ۱۱- نیازی، ی.، اختصاصی، م.ر.، طالبی، ع.، آرخی، ص.، مختاری، م.ح. (۱۳۸۹): ارزیابی کارایی مدل آماری دومتغیره در پیش‌بینی خطر زمین‌لغزش (مطالعه موردی: حوزه سد ایلام)، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، شماره ۱۰، صص ۲۰-۹.
- 12- Azam, Sh; Khan, F., (2013): Geohydrological Properties of Selected Badland Sediment in Saskatchewan, Canada, Bulletin of Engineering Geology and Environmental (Springer link).
- 13- Battani, M.C; Grismer, M., (2000): Rainfall Runoff and Erosion in NapaV vineyards Effect of slope cover and surface roughness, Hydrological Process, Vol. 14. P. 1289-1304.
- 14- Campbell, I.A., (1989): Stream discharge Suspended Sediment and Erosion Rates in The Red Deer River Basin Alberta Canada, P. 244.
- 15- Cerda, A; Carcia, P., (1997): The Influence of Slope Angle on Sediment Water and Seed Losses on Badland Landscapes. Elsevier, Pp. 77-90.
- 16- Ciccacci, S; Galliano, M; Roma, M.A; Salvatore, M.C., (2009): Morph Dynamics and Morphological Changes of The Last 50 Years in a Badland Sample Area of Southern Tuscany (Italy), Zeitschrift fur Geomorphologie, p. 273-297.
- 17- Deshmukh, D.S; Chaube, U.C; Tignath, S; Pingale, S.M., (2011): Geomorphological Analysis and Distribution of Badland Around The Confluence of Narmada and Sher River India, European Water 36. P. 15-26.
- 18- Grubin, M.K; Bryan, R., (2006): Lithological Properties and Weathering Response on Badland hill Slopes. Elsevier, P. 68 – 78
- 19- Howard, A. D., (2009): Badlands and Gullying, Geomorphology of Desert Environmental (Springer link), P. 265-299
- 20-Howard, A. D., (1994): Geomorphology of Environmental (Badland), P. 213-242.