

پهنه‌بندی فرسایش خندقی در حوضه آبریز دیره با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

مژگان انتظاری^۱، امجد ملکی^۲، خدیجه مرادی^۳، سعید الفتی^۴

۱- استادیار جغرافیا، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۲- دانشیار جغرافیا، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۴- کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

دریافت: ۹۱/۸/۲۹ پذیرش: ۹۲/۵/۵

چکیده

فرسایش خندقی یکی از شکل‌های پیشرفتی و بحرانی فرسایش آبی است که باعث نابودی حجم بزرگی از خاک زمین‌ها می‌شود. شناسایی عوامل مؤثر بر وقوع این نوع فرسایش و پهنه‌بندی آن یکی از ابزارهای مهم کنترل این پدیده است. این پژوهش با هدف شناسایی عوامل مؤثر بر ایجاد فرسایش خندقی و شبیه‌سازی احتمال وقوع آن در حوضه آبریز دیره انجام شده است. پس از انتخاب مهم‌ترین عوامل مؤثر بر وقوع فرسایش خندقی مانند شیب، جهت شیب، انحنای افقی و عمودی شیب، لیتوولوژی، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده و کاربری اراضی، این لایه‌ها در سیستم اطلاعات جغرافیایی تولید شدند؛ سپس به منظور مقایسه زوچی در جدول ماتریس برآسانس میزان ارجحیت سلسله‌مراتب در وقوع فرسایش خندقی رده‌بندی شدند. درنهایت، با کمک نرم‌افزار Arc GIS عملیات وزن‌دهی و هم‌بouشانی از لایه‌های برگزیده انجام شد و با توجه به ضرایب به دست آمده، نقشه پهنه‌بندی خطر در شش طبقه بدون خطر، خطر بسیار کم، خطر کم، خطر متوسط، خطر زیاد، خطر خیلی زیاد به دست آمد. مقدار عددی ضریب نهایی از جمع اعداد حاصل از ضرب وزن هر معیار در شاخص آن در هر نقطه بین صفر تا ۱۰۰ تعریف شد که در آن هرچه ضریب به دست آمده به ۱۰۰ نزدیک‌تر باشد، پرخطر بودن و قوع زمین‌لغزش را نشان می‌دهد و هرچه این ضریب به صفر نزدیک‌تر باشد، خطر کمتر و درنهایت بی خطر بودن و قوع آن را نمودار می‌کند. برایه نتایج تحقیق، ۳۶ درصد از حوضه دیره در پهنه با خطر زیاد و خیلی زیاد قرار دارد که باعث جابه‌جایی حجم زیادی از خاک می‌شود.

واژه‌های کلیدی: فرسایش خندقی، تحلیل سلسله‌مراتبی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، حوضه آبریز دیره.

۱- مقدمه

خندق آبراهه‌ای به نسبت دائمی است که جریان‌های موقت آب هنگام بارندگی از آن می‌گذرد و مقدار بسیار زیادی رسوب را تخلیه می‌کنند (رفاهی، ۱۳۷۵: ۱). فرسایش خنده‌قی حالت تکامل یافته فرسایش شیاری رواناب‌هاست (علیزاده، ۱۳۶۸: ۴۳). شکل‌گیری خندق‌ها همواره با فرسایش و تغییر شکل ظاهری زمین همراه است و سبب تولید میزان زیادی رسوب، تخریب اراضی، جاده‌ها، شبکه‌های آبیاری و پرشدن سدها می‌شود (جعفری گرزین، ۱۳۸۶؛ Burkard & Kostaschuk, 1997). خندق‌ها که در بیشتر موارد شاخصه‌های اصلی تغییرات محیطی درنظر گرفته می‌شوند، به دلیل رشد سریع‌شان از شکل‌های عادی فرسایش به شمار نمی‌آیند (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۳؛ Heathwait Et al., 2001؛ Nachtergaele Et al., 2001). فرسایش خنده‌قی به دلیل انتقال افق‌های حاصل‌خیز خاک و کاهش ظرفیت نگه‌داشت آب بسیار خطرناک است و یکی از عوامل ناپایداری و فرسایش خاک و ایجاد مسئله برای کارکرد ماشین‌های کشاورزی است. در کوهستان‌های نیمه‌خشک، توزیع ناهمگن پوشش گیاهی، آشفته شدن سطح دامنه‌ها و مدیریت غیراصولی انسان روی زمین و نیز تأثیر عوامل زمین‌شناسی، پدولوژیکی و اقلیمی سرعت تغییرات مکانی را افزایش داده و ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولوژیکی دامنه‌ها را به طور چشمگیری دگرگون کرده است (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۳). این نوع فرسایش که بار رسوبی رودخانه‌ها را افزایش و کیفیت آب‌های سطحی را کاهش می‌دهد، در دهه‌های اخیر بر اثر کشت غیراصولی و تغییرات کاربری روند سریعی در پیش گرفته است. از سوی دیگر، تغییرات آب‌وهوایی و به دنبال آن، تغییرات در بیلان آب زمینه را برای زایش خندق مساعد کرده است (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۳؛ Valentine Et al., 2005: 133؛ Renschler & Dotterweich, 2005: 194).

این موضوع در کشور ما از این نظر اهمیت دارد که حدود ۹۰ درصد سطح کشور دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک است و بارندگی در این مناطق پراکنش زمانی مناسبی ندارد. در چنین شرایطی نبود یا کمبود پوشش گیاهی همراه با افزایش رواناب موجب ازین رفتار بیش از ۲/۵ میلیارد تن خاک در سال می‌شود (احمدی، ۱۳۸۸). برای مثال،

افزایش ۴۵۰ درصدی میزان فرسایش خاک در کشور طی سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۳۰ بحرانی بودن وضعیت فرسایش و لزوم کنترل آن در ایران را نشان می‌دهد (همان). این وضعیت در منطقه مورد مطالعه (حوضه رودخانه دیره) نیز به‌وضوح دیده می‌شود و هرساله میزان زیادی خاک بر اثر این نوع فرسایش جابه‌جا می‌شود. از آنجا که این دشت به‌علت منابع آب و خاک حاصل‌خیز، یکی از مناطق مهم کشاورزی است، فرسایش خندقی خسارت‌های جبران‌ناپذیری را به خاک‌های منطقه وارد می‌کند.

در اینجا به شماری از پژوهش‌هایی که در حوزه فرسایش خندقی انجام شده است، اشاره می‌کنیم. بتز و دروس^۱ (1999) از مدل رقومی ارتفاع (DEM) همراه با ترکیبی از عکس‌های هوایی برای اندازه‌گیری فرسایش خندقی در محیط‌های ناپایدار ژئومورفولوژی در نیوزیلند استفاده کردند. آن‌ها تغییرات رخداده را طی دو دوره زمانی ۱۴ و ۳۳ سال مطالعه کردند. ویجنس^۲ و همکارانش (2001) در پژوهش‌های خود نشان دادند سنگ‌شناسی نقش مهمی در فعالیت هدکت خندق دارد؛ به‌طوری که در یک کاربری معین، هدکت خندق‌ها در اراضی مارنی و لومی فعال‌تر از اراضی گراولی و کنگلومراپی است. کولیسون^۳ (2001) بر اهمیت ترک‌های کششی به عنوان عامل مهم ناپایداری و توسعه خندق تأکید دارد. سوفی^۴ و همکارانش (2002) با بررسی کرونولوژی تشکیل خندق در یک محیط جنگلی در جنوب شرق استرالیا نشان دادند که قطع درختان و بارندگی شدید علت اصلی فرسایش خندقی بوده است. نچترگیلی^۵ و همکاران (2002) در تحقیق خود در کمربند لسی بلژیک دریافتند معادله‌های مربوط به آستانه پستی و بلندی برای انواع خندق‌ها متفاوت است. کاکمبو^۶ و همکاران (2003) روابط بین پدیده خندق‌زایی و متغیرهای توپوگرافی را با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی جست‌وجو کردند. آن‌ها مقایسه بین نواحی با قابلیت خندق‌زایی زیاد و نواحی واقعی موجود با توان معمولی خندق‌زایی را با استفاده از شاخص توان آبراهه‌ای که جانشینی برای تنش برشی جریان آب است،

1. Betts & Derose

2. Wijdenes

3. Collison

4. Soufi

5. Nachtergaele

6. Kakembo



۱

مژگان انتظاری و همکاران پهنه‌بندی فرسایش خنده‌قی در حوضه...

انجام دادند و دریافتند که ۷۵ درصد نواحی خنده‌قی در نواحی رهاسده و دارای سطوح مقعر ایجاد شده است. پژوهش کارهای ایازچی (۲۰۰۰)، مورگان (۲۰۰۳) و سیدروچوک و همکاران (۲۰۰۳) نیز از دیگر تحقیقات در این حوزه است.

رامشت و همکاران (۱۳۸۸) روش‌های ریاضی ارزیابی گالی‌ها را معرفی و پیشنهاد کردند که بر حسب ویژگی‌های اقلیمی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی و غیره مدل مناسب برای ارزیابی میزان فرسایش خنده‌قی در هر منطقه مشخص شود. میلادی (۱۳۹۰) با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی به شبیه‌سازی فرسایش خنده‌قی در حوضه‌های رازآور و مرگ پرداخت و نقاط مستعد فرسایش خنده‌قی را به کمک نرم‌افزار GIS مشخص کرد. عرب‌قشقاوی و همکاران (۱۳۹۰) با روش Multi Class Maps به پهنه‌بندی فرسایش خنده‌قی در حوضه آبخیز طرود فیروزکوه پرداختند. براساس نتایج تحقیق آن‌ها، ۸۸ درصد از محدوده خنده‌قی در پهنه‌های با ریسک پذیری زیاد و خیلی زیاد قرار دارد.

در پژوهش حاضر، با مشخص کردن مناطقی از حوضه مورد مطالعه که از لحاظ فرسایش خنده‌قی در معرض خطر قرار دارند و پهنه‌بندی آن، می‌کوشیم درجهت برنامه‌ریزی‌های صحیح جهت پیشگیری از این فرسایش در این حوضه گامی برداریم.

۲- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز دیره با مساحت ۱۱۳/۴۱ کیلومتر مربع در غرب ایران محدوده سیاسی استان کرمانشاه، شهرستان گیلانغرب قرار دارد. از نظر موقعیت جغرافیایی، این حوضه بین مدارهای ۳۴/۲۹ تا ۳۴/۱۴ درجه از شمال خط استوا و بین نصف‌النهارهای ۴۵/۳۹ درجه تا ۴۵/۵۶ درجه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. حوضه دیره منطقه‌ای نسبتاً کوهستانی است که ۳۸ درصد زمین‌هایش را کوه‌ها و تپه‌ها تشکیل می‌دهد. ارتفاع متوسط حوضه از سطح آب‌های آزاد ۱۴۵۰ متر است. شیب عمومی زمین‌ها حدود ۴/۱ درصد و جهت آن شمال غربی است. مرتفع‌ترین قله با ارتفاع ۲۳۲۰ متر از سطح دریا در مز شرقی و در ارتفاعات کوه بازی دراز قرار دارد. بررسی خاک‌شناسی حوضه حاکی از این است که عمق خاک در حوضه دیره از کم عمق تا نیمه عمیق و عمیق متغیر است. در مناطق کوهستانی شمال و جنوب حوضه، شیب عمومی اراضی بیش از ۲۵ درصد و دارای خاکی با عمق کم است. در ارتفاعات پایین‌تر و شیب بین ۸ تا ۲۵ درصد تیپ تپه‌ها

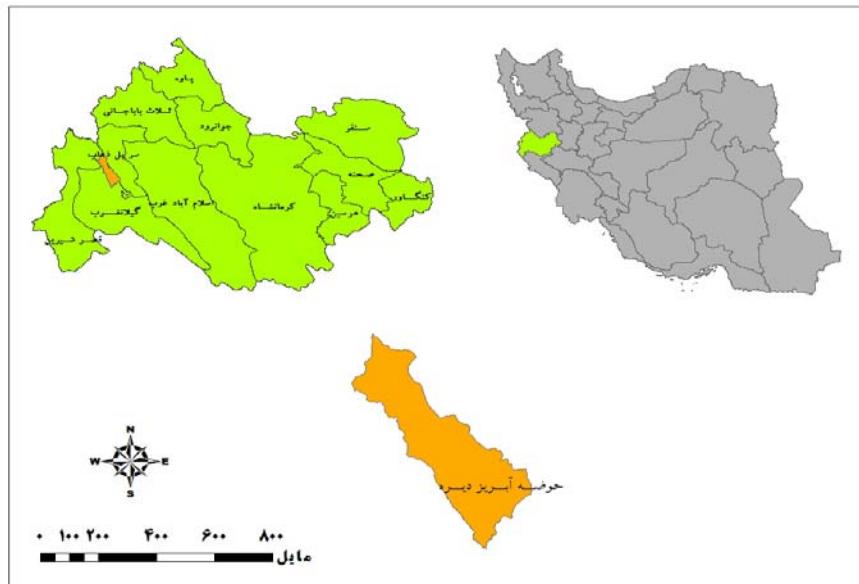
قرار دارد. این واحد دارای خاک‌های کم عمق تا نیمه عمیق سنگریزه‌دار با بافت سبک تا متوسط است. در مناطق دارای شبیه ۱ تا ۸ درصد فلات‌ها و تراس‌های فوقانی و دشت‌های دامنه‌ای قرار دارد. این بخش دارای خاک عمیق با بافت سنگین تا خیلی سنگین است که مواد آهکی در لایه‌های آن جمع شده است. تیپ اراضی واریزه‌های بادبزنی شکل و دشت رسوبی رودخانه‌ای دارای خاک عمیق با بافت سنگین تا خیلی سنگین است که در دشت‌های رسوبی با شکاف‌های عمیق همراه است (دفتر مطالعات منابع طبیعی گیلانغرب، ۱۳۸۵: ۸۶). از نظر کاربری اراضی، حوضه دیره به پنج کاربری تقسیم شده است: اراضی دیم، اراضی مرتعی، اراضی جنگلی، اراضی آبی، اراضی مرتع- جنگل با غلبه جنگل.

علاوه بر عوامل طبیعی، عوامل انسانی نیز باعث افزایش این نوع فرسایش در حوضه مورد مطالعه می‌شود؛ از جمله کشت خطی، چرای خیلی زیاد، ساخت جاده از کمرکش کوهستان‌ها، فشرده شدن خاک بر اثر عبور وسایل نقلیه کشاورزی، عبور مداوم دام از یک مسیر و... (شکل ۱).

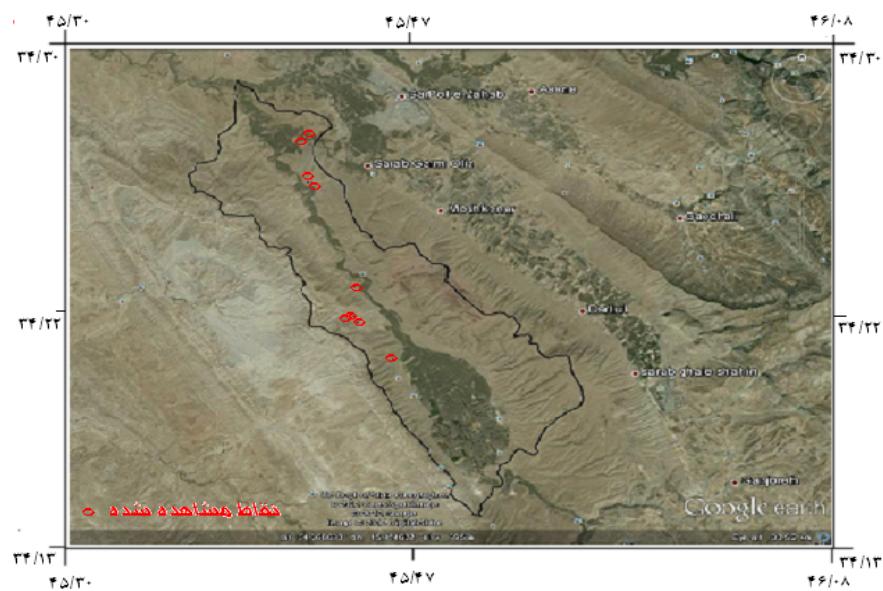
از لحاظ محدودیت کاربری اراضی، می‌توان این موارد را نام برد: ۱- محدودیت‌های مربوط به خاک: بافت سطحی، نفوذپذیری خاک تحتانی، میزان سنگریزه در خاک تحتانی، عمق خاک و سرعت نفوذ آب؛ ۲- محدودیت‌های مربوط به توپوگرافی و فرسایش: شبیه، پستی و بلندی، فرسایش آبی و بادی و رسوبات بادی و آبی؛ ۳- محدودیت زهکشی: سطح آب زیرزمینی، محدودیت مربوط به ماندابی شدن اراضی و سیل‌گیری اراضی.



شکل ۱ فرسایش خندقی در منطقه مورد مطالعه



شکل ۲ نقشه محدوده مورد مطالعه



شکل ۳ نقشه تعدادی از خندق‌های موجود در حوضه آبریز دیره

جدول ۱ موقعیت و مشخصات خندق‌های ثبت‌شده در حوضه آبریز دیره

شمار خندق‌ها	عرض جغرافیایی به UTM	طول جغرافیایی به UTM	سیلانگین عرض خندق به متر	سیلانگین عمق خندق به متر	طول خندق به متر	حجم خاککه برداشت شده به متر مکعب
۱	۳۸۰۸۸۴۷	۳۸۵۷۶۰۳۰	۳/۹	۲/۵	۱۵۴	۱۵۰/۱۵
۲	۳۸۰۰۰۷۵	۳۸۵۷۹۶۱۲	۳/۵	۲/۸	۱۶/۶۸	۱۶۳/۴۶
۳	۳۸۱۱۳۵۰	۳۸۵۷۵۵۶۵	۴/۳۸	۲/۲۶	۷۴/۵	۳۴۹/۸۳
۴	۳۸۰۸۸۴۳	۳۸۵۷۵۸۹۶	۵/۲۹	۳/۴۹	۲۱/۹	۴۰۴/۳۲
۵	۳۸۱۱۳۶۳	۳۸۵۷۵۰۸۶	۵/۱۲	۲/۹۳	۳۸/۵۷	۷۷۶/۱۹
۶	۰۳۸۰۳۸۱۱	۳۸۵۷۸۱۴۴	۶/۳۲	۴/۱۷	۳۰/۲۵	۷۹۷/۲۳
۷	۳۸۰۲۵۵۲	۳۸۵۷۸۱۷۸	۴/۷	۴/۷۴	۲۳/۶۳	۵۲۶/۴۳
۸	۳۸۰۸۴۳۵	۳۸۵۷۵۹۴۱	۲/۸۳	۲/۵	۶۷/۲۱	۴۷۵/۵۱
۹	۳۸۰۲۰۲۷	۳۸۵۷۸۳۷۴	۵/۷	۵/۳۲	۱۲۶/۴	۳۷۷۲/۳۱
۱۰	۳۸۰۰۱۴۸	۳۸۵۷۹۶۲۳	۱/۶۵	۲/۱۱	۲۸/۴۲	۱۴۵/۸۴

درنهایت، با استفاده از روش AHP پهنه‌بندی مناطق مستعد فرسایش خندقی انجام شد.

۳- روش تحقیق

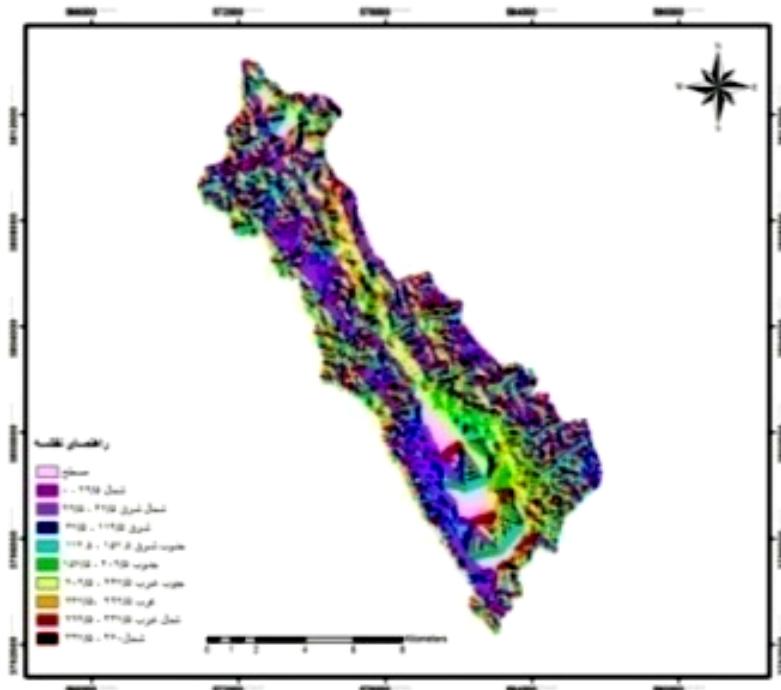
این پژوهش از نظر هدف، در شمار تحقیقات توسعه‌ای و کاربردی و از نظر ماهیت و روش، در شمار تحقیقات توصیفی - تحلیلی و پیمایشی است. برپایه آنچه در موضوع تحقیق آمده است، روش مورد استفاده در این پژوهش، تحلیل سلسله‌مراتبی AHP از متغیرهای است. اساس این روش مقایسه زوجی متغیرها در جدول ماتریس است. ارزش عددی حاصل از مقایسه کیفی آن‌ها نسبت به همدیگر از راه قضاوت کارشناسی تعیین می‌شود (الفتی و همکاران، ۱۳۹۱: ۳۶). بنابراین، مقایسه دوبعدی متغیرهای مؤثر بر وقوع فرسایش خندقی در منطقه مورد مطالعه و روایی این سیستم در نظر گرفته می‌شود و وزن‌های نسبی به دست آمده نیز خروجی سیستم خواهد بود (علاوه‌الطفاقی و رحیم‌زاده، ۱۳۹۰: ۵۷). شرایط محیطی منطقه در وقوع این فرسایش نقش اساسی دارد و اصولاً برپایه موقعیت خندق‌های منطقه استوار است. به این منظور، ابتدا ده خندق شاخص در سطح حوضه شناسایی شد و موقعیت آن‌ها به کمک دستگاه GPS و متر اندازه‌گیری و سپس با انتقال آن‌ها به نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ پایه، نقشه

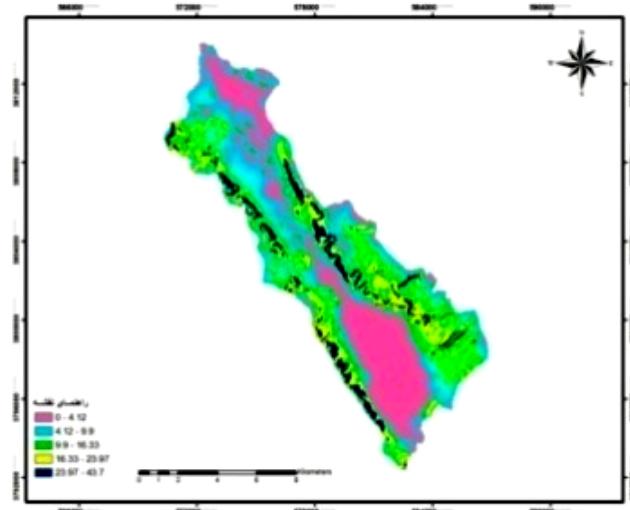


پراکنش خنده‌های حوضه دیره تهیه شد. درواقع، امکان شناسایی این تعداد از خنده‌ها برای نگارندگان وجود داشته است (شکل ۳ و جدول ۱).

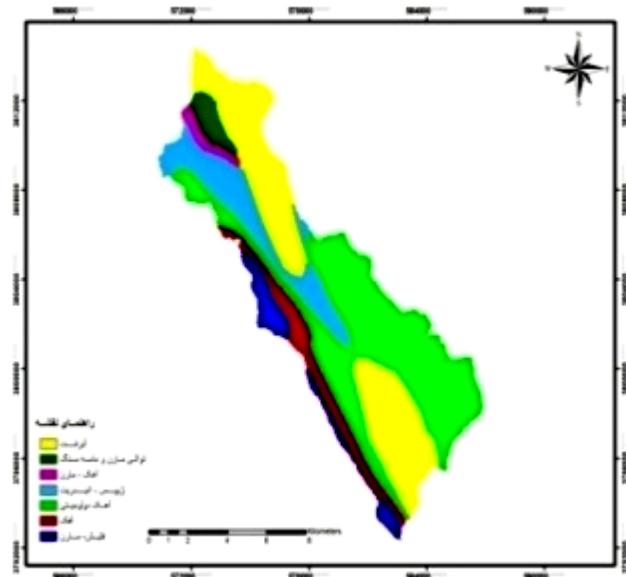
۴- بحث و نتایج

برای پهنه‌بندی مناطق مستعد فرسایش خنده‌قی لازم است لایه‌های اطلاعاتی از متغیرهای مورد نظر استخراج شود. به این منظور، لایه‌های اطلاعاتی متغیرها که در آن‌ها باید هر متغیر به صورت یک لایه نقشه در GIS نشان داده شود، تهیه شد. این لایه‌ها عبارت‌اند از: شیب، جهت شیب، انحنای افقی و عمودی شیب، لیتو‌لوژی، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده و کاربری اراضی (شکل‌های ۱۱-۴).

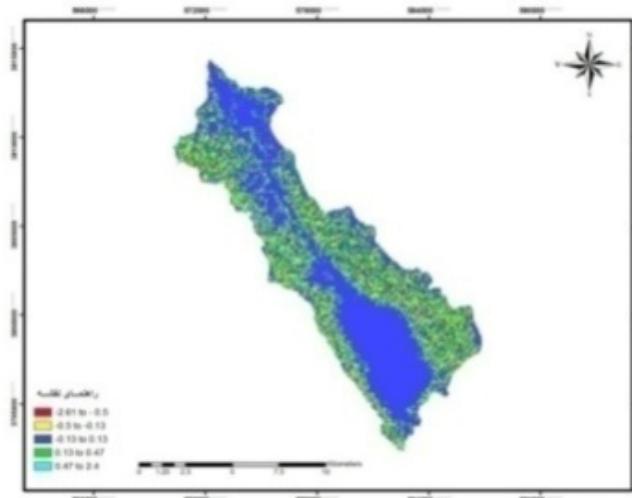




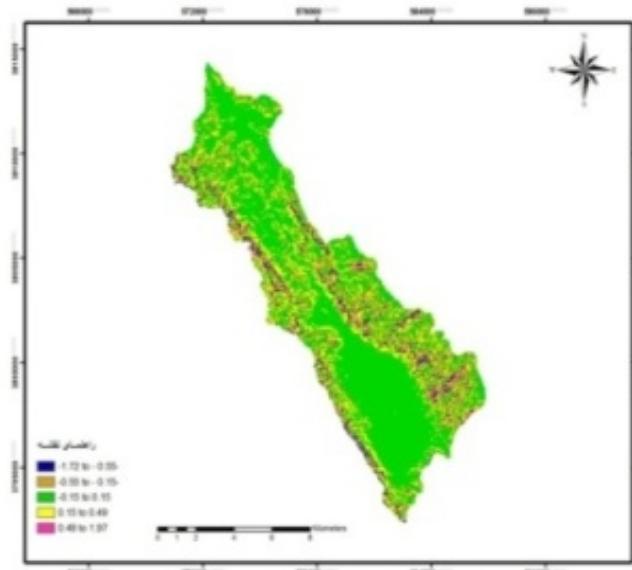
شکل ۵ نقشه شیب حوضه دیره



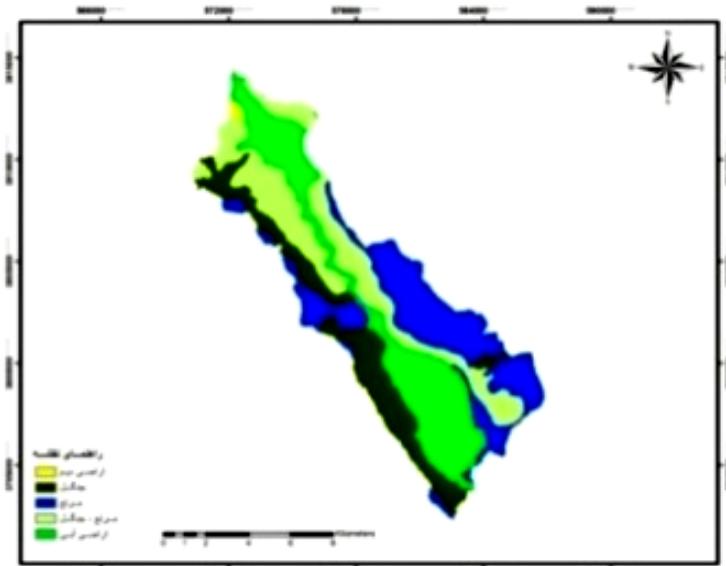
شکل ۶ نقشه لیتولوژی حوضه دیره



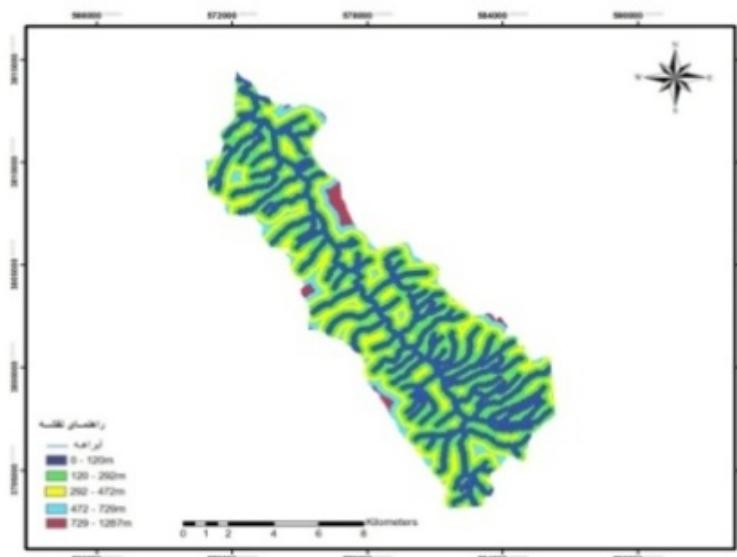
شکل ۷ نقشه کاربری اراضی



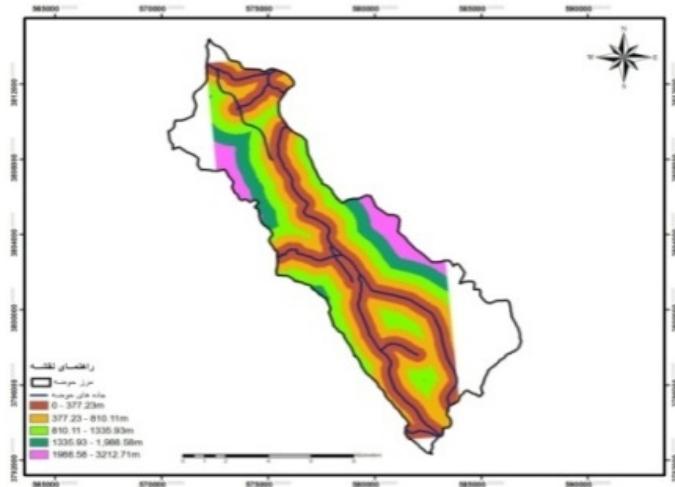
شکل ۸ نقشه احناکی شیب افقی



شکل ۹ نقشه انحرافی شبیه عمودی



شکل ۱۰ نقشه فاصله از آبراهه های حوضه دیره



شکل ۱۱ نقشهٔ فاصله از راه‌های حوضهٔ دیره

- لایهٔ جهت شیب: این لایه به منظور بررسی تأثیر جهت‌های مختلف شیب منطقهٔ مورد مطالعه در ایجاد مناطق مستعد خندق‌زایی تهیه شد و به کار رفت. هریک از این نقشه‌ها به ده کلاس تقسیم، و جهت شیب مسطح هم به عنوان یک جهت از این نقشه‌ها معرفی شد (شکل ۴).

- لایهٔ شیب: این لایه به منظور بررسی تأثیر طبقات مختلف شیب منطقهٔ مورد مطالعه در پیدایش نقاط مستعد خندق‌زایی (SPI) استفاده شد. برای انجام این کار نقشهٔ شیب حوضهٔ مورد مطالعه به پنج کلاس تقسیم شد (شکل ۵).

- لایهٔ لیتولوژی: به لحاظ لیتولوژیکی، حوضهٔ دیره از هفت نوع جنس آهک دولومیتی، مارن و ماسه‌سنگ، مواد آبرفتی، فلیش و مارن، آهک، آهک و مارن، زیپس و انیدریت تشکیل شده است. هدف از آوردن این نقشه‌ها، بررسی تأثیر جنس سنگ‌های موجود در منطقهٔ مورد مطالعه در ایجاد خندق‌های این منطقه است (شکل ۶).

- لایهٔ کاربری راضی: حوضهٔ دیره به پنج کاربری: اراضی دیم، اراضی مرتعی، اراضی جنگلی، اراضی آبی، اراضی مرتع-جنگل با غلبهٔ جنگل تقسیم شد (شکل ۷).

- لایه انحنای افقی شبیب: این لایه‌ها نیز مانند لایه‌های انحنای شبیب عمودی به پنج کلاس تقسیم شد. سیر اعداد در کلاس‌های آن نیز از منفی به مثبت است و از کلاس ۲/۶۱ تا ۲/۴ کلاس‌بندی شده است. این نقشه‌ها تحدب و تقرع زمین را به صورت موازی با منحنی میزان‌ها نشان می‌دهد (شکل ۸).

- لایه انحنای عمودی شبیب: این لایه برای حوضه دیره نیز دارای پنج کلاس است و این کلاس‌ها از ۱/۷۲ تا ۱/۹۷ کلاس‌بندی شدند. در این کلاس‌ها با سیر اعداد از منفی به مثبت، درجهٔتعمود بر منحنی میزان‌ها از تقرع زمین کاسته و بر تحدب آن افزوده می‌شود (شکل ۹).

- لایه فاصله از آبراهه‌ها: پس از انجام تصحیحات بر لایه آبراهه‌ها، براساس فاصلهٔ اقلیدسی، فاصله از آبراهه‌ها برای حوضه دیره از صفر تا ۱۲۸۷ متر، در ۵ کلاس طبقه‌بندی و نقشهٔ آن ترسیم شد. این نقشه نیز برای بررسی ارتباط میان فاصله از آبراهه‌ها و تشکیل خندق بررسی شد (شکل ۱۰).

- لایه فاصله از جاده‌ها: برای بررسی ارتباط بین تشکیل خندق و میزان فاصله از جاده‌ها، در محیط ARCMAP برای جاده‌ها، فاصلهٔ اقلیدسی Euclidean Distance در ترسیم شد. در این نقشه، فاصلهٔ اقلیدسی برای هریک از راه‌های داخل حوضه تعریف شد و درنهایت، این لایه در ۵ کلاس، از ۰ تا ۳۲۱۲/۷۱ در حوضه دیره به متر تهیه شد. هدف از ترسیم این نقشه، بررسی ارتباط میان فاصله از جاده و تشکیل خندق است (شکل ۱۱).

لزوم مقایسهٔ زوجی متغیرها در جدول ماتریس، رده‌بندی آن‌ها براساس میزان ارجحیت در وقوع پدیده مورد مطالعه است. بنابراین، پس از انتخاب لایه‌های اطلاعاتی و تقسیم‌بندی آن‌ها به طبقات و کلاس‌ها، ساختار سلسله‌مراتبی آن‌ها ایجاد شد. مؤثرترین متغیر در وقوع فرسایش خندقی شبیب و کم‌نقش‌ترین آن نیز لایه فاصله از آبراهه درنظر گرفته شد. این ارزیابی براساس تراکم فرسایش خندقی در هریک از لایه‌های اطلاعاتی و مشاهدات میدانی متعدد صورت گرفته است. دربارهٔ هریک از زیرلایه‌ها نیز به همین شکل عمل شد.

محاسبهٔ بردارهای اولویت متغیرهای مورد نظر: پس از طراحی گرینه‌های مورد استفاده از نظر سلسله‌مراتب، ماتریس زوجی از متغیرها تشکیل شد. تشکیل این ماتریس‌ها با هدف تعیین وزن متغیرها بوده است که از طریق مقایسهٔ زوجی تک‌تک عناصر با عناصر مربوط به خود در سطح بالاتر صورت می‌گیرد. مقادیر کمی هریک از متغیرهای مورد نظر نیز از جدول



شماره دو استخراج شد که در آن میزان اولویت کیفی هر متغیر نسبت به متغیر دیگر به صورت عددی نشان داده شده است.

جدول ۲ مقیاس مقایسه دوبعدی در مدل سلسله‌مراتبی

مقدار عددی	ترجیحات (قضاؤت شفاهی)
۹	کاملاً مرجح یا مطلوب ترین
۷	ترجیح یا مطلوب خیلی قوی
۵	ترجیح با مطلوب قوی
۳	کمی مرجح یا کمی مطلوب تر
۱	ترجیح یا مطلوبیت کمتر یا کمی مهم تر
۸، ۶، ۴، ۲	ترجیحات بین فواصل پادشاهی

(منبع: شیرانی و همکاران، ۱۳۸۵)

در ادامه، با کمک نرم‌افزار GISArc عملیات وزن‌دهی و همپوشانی نهایی لایه‌های مورد استفاده انجام شد و برآسم آن، پهنه‌بندی خطر فرسایش خندقی حوضه دیره در شش پهنه بدون خطر، خطر بسیار کم، خطر کم، خطر متوسط، خطر زیاد و خطر خیلی زیاد به دست آمد.

جدول ۳ وزن محاسبه شده لایه شیب

میانگین	۲۳/۹-۴۳	۹/۹-۲۳/۹	۹/۹-۱۶/۳	۴/۱-۹/۹	۰-۴/۱	لایه شیب
۰/۴۱۶	۰/۳۳	۰/۳۸	۰/۴۴	۰/۴۸	۰/۴۵	۰-۴/۱
۰/۲۵۸	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۲۴	۰/۲۲	۴/۱-۹/۹
۰/۱۶	۰/۲	۰/۱۹	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۵	۹/۹-۱۶/۳
۰/۰۹۶	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱۱	۹/۹-۲۳/۹
۰/۰۵۸	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۹	۲۳/۹-۴۳

جدول ۴ وزن محاسبه شده لایه جهت شب

لایه جهت شب	مسطح	شرق	شمال شرق	شمال	غرب	جنوب غرب	جنوب	شمال غرب	شمال شرق	میانگین
مسطح	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳۳
شمال	۰/۱۲	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۱۲	۰/۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۱۷۶
شمال شرق	۰/۰۸	۰/۳۱	۰/۱۳	۰/۲۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۸۶
شرق	۰/۱۲	۰/۱	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۲۴
جنوب شرق	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۰۶۱
جنوب	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۷۱
جنوب غرب	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۶۲
غرب	۰/۱۲	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۴۸
شمال غرب	۰/۰۲۵	۰/۰۲۱	۰/۰۲۷	۰/۰۲۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲۲۴

جدول ۵ وزن محاسبه شده لایه انحنای افقی شب

انحنای افقی شب	-۰/۰۵	-۰/۱۳	-۰/۱۳-۰/۱۳	۰/۴۷-۰/۴۷	۰/۱۳-۰/۴۷	۰/۴۷-۰/۴	میانگین
-۰/۰۵	۰/۲	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۴	۰/۲۷	۰/۲۰۴	۰/۲۰۴
-۰/۱۳	۰/۱	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۲۷	۰/۲۶۲	۰/۲۶۲	۰/۲۶۲
-۰/۱۳-۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۵۸	۰/۲۸	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
-۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶
-۰/۰۵-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۱۳	-۰/۱۳	-۰/۱۳	-۰/۱۳	-۰/۱۳	-۰/۱۳
-۰/۰۵-۰/۱۳	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵
-۰/۰۵-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵
-۰/۰۵-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵

جدول ۶ وزن محاسبه شده لایه انحنای شب عمودی

انحنای شب عمودی	-۰/۰۵	-۰/۱۷۲	-۰/۰۵-۰/۰۵	-۰/۰۵	۰/۰۵-۰/۰۹	۰/۰۹-۱/۰۷	میانگین
-۰/۰۵	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۳	-۰/۰۳	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۲۰۴
-۰/۰۵-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۲۶۲
-۰/۰۵-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۳۵۴
-۰/۰۵-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۱۰۶
-۰/۰۵-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۰۸۸

جدول ۷ وزن محاسبه شده لایه کاربری اراضی

کاربری اراضی	اراضی دیم	جنگل	مرتع	مرتع- جنگل	اراضی آبی	میانگین
اراضی دیم	۰/۲۲	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۷۶
جنگل	۰/۱	۰/۲۱	۰/۴	۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۲۳۶
مرتع	۰/۱۴	۰/۲۱	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۲	۰/۱۴۴
مرتع- جنگل	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۲۶	۰/۱۲۲
اراضی آبی	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴	۰/۷۱	۰/۱۳	۰/۴۲

جدول ۸ وزن محاسبه شده لایه فاصله از آبراهه

فاصله از آبراهه	۱-۱۲۰	۱۲۰-۲۹۲/۸۵	۲۹۲-۴۲۷	۴۲۷-۷۲۹	۷۲۹-۱۲۸۷	میانگین
۱-۱۲۰	۰/۴۳	۰/۶۳	۰/۴۴	۰/۱۶	۰/۴۲	۰/۴۲
۱۲۰-۲۹۲/۸۵	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۳	۰/۲۵	۰/۲۰۴	۰/۲۰۴
۲۹۲-۴۲۷	۰/۱۴	۰/۰۷	۰/۱۴	۰/۲۷	۰/۱۶	۰/۱۵۶
۴۲۷-۷۲۹	۰/۱	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۲۳	۰/۱۲۸
۷۲۹-۱۲۸۷	۰/۲۲	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۸۸

جدول ۹ وزن محاسبه شده لایه فاصله از جاده

فاصله از جاده	۰-۳۳۷/۲۳	۳۳۷/۲۳-۸۱۰/۱۱	۸۱۰/۱۱-۱۳۳۴/۹۳	۱۳۳۵/۹۳-۱۹۸۸/۵۸	۱۹۹۷/۵۸-۲۳۱۲/۷۱	میانگین
۰-۳۳۷/۲۳	۰/۴۳	۰/۷	۰/۵۱	۰/۲	۰/۴۷	۰/۴۲۲
۳۳۷/۲۳-۸۱۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۲۵	۰/۴	۰/۲۷	۰/۲۳
۸۱۰/۱۱-۱۳۳۴/۹۳	۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۳	۰/۲	۰/۱۶۲
۱۳۳۵/۹۳-۱۹۸۸/۵۸	۰/۲۲	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۱	۰/۱۱۸
۱۹۹۷/۵۸-۲۳۱۲/۷۱	۰/۱۴	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۱	۰/۰۸

جدول ۱۰ وزن محاسبه شده لایه لیتولوژی

لیتولوژی	آبرفت	توالی مارن و ماسه‌سینگ	فلیش- مارن	ژپس- ایندرید	آهک- مارن	آهک	آهک دولومیتی	میانگین
آبرفت	۰/۳۳	۰/۴۵	۰/۳۵	۰/۴۱	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۲۵	۰/۳۴
توالی مارن و ماسه‌سینگ	۰/۱۴	۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۲۵
ژپس- ایندرید	۰/۱	۰/۱۱	۰/۲	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۵۷
فلیش- مارن	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۱	۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۰۱
آهک- مارن	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۰۶۴
آهک	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۴
آهک دولومیتی	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲۷

جدول ۱۱ محاسبه وزن دهی به لایه های مؤثر بر فرسایش خندقی حوضه دیره

عامل	شیب	کاربری اراضی	فاصله از جاده	نختای شیب افقی	نختای شیب لیتولوژی	جهت شیب	انحنای شیب عمودی	فاصله از آبراهه	میانگین
شیب	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۴/۵
کاربری اراضی	۱/۲	۱	۲	۴	۶	۷	۷	۸	۴/۴
فاصله از جاده	۱/۲	۱/۲	۱	۲	۲	۵	۶	۷	۲/۹
انحنای شیب افقی	۱/۴	۱/۴	۱/۲	۱	۲	۲	۴	۶	۲
لیتولوژی	۱/۵	۱/۶	۱/۲	۱/۲	۱	۶	۷	۸	۲/۹۲
جهت شیب	۱/۶	۱/۷	۱/۵	۱/۲	۱/۶	۱	۲	۲	۰/۸۹
انحنای شیب عمودی	۱/۷	۱/۷	۱/۶	۱/۶	۱/۷	۱	۱	۲	۰/۹۳
فاصله از آبراهه	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱/۶	۱/۸	۱/۳	۱/۲	۱	۰/۳
مجموع	۲/۷	۴/۳	۳۴/۵	۲۷/۸۳	۱۶/۴۲	۱۲/۴۱	۷/۵	۴/۳	۴۳



جدول ۱۲ وزن محاسبه شده لایه‌های مؤثر بر فرسایش خندقی حوضه دیره

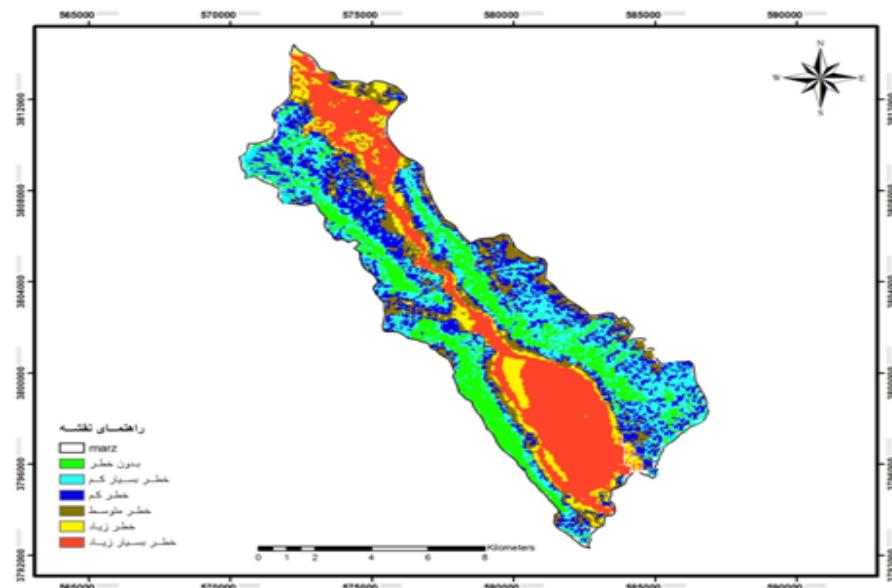
عامل	شیب	کاربری اراضی	فاصله از جاده	انحنای شب افقی	لیتولوژی	جهت شب	انحنای شب عمودی	فاصله از آبراهه	میانگین
شیب	۰/۲۷	۰/۴۶	۰/۴	۰/۳۲	۰/۳	۰/۲۱	۰/۲	۰/۱۸	۰/۳۰۲
کاربری اراضی	۰/۲	۰/۲۳	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۳۶	۰/۲۵	۰/۲	۰/۱۸	۰/۲۵۲
فاسله از جاده	۰/۱	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۱۶	۰/۱۲	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۴۳
انحنای شب افقی	۰/۱	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۰۹۱
لیتولوژی	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۲۱	۰/۲	۰/۱۸	۰/۱۰۷
جهت شب	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۳۶
انحنای شب عمودی	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۲۶
فاسله از آبراهه	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱۷

نتایج به دست آمده از ماتریس و ضریب وزن هریک از متغیرهای هشتگانه مؤثر بر وقوع فرسایش خندقی در جدول شماره یازده و دوازده بیان شده است. برای محاسبه ضریب وزن از روش میانگین حسابی استفاده شده است. در جدول ماتریس، اعداد هر ستون با یکدیگر جمع، سپس مقدار حاصل از ماتریس به جمع ستون‌های همان عدد تقسیم و درنهایت متوسط اعداد در جدول ماتریس محاسبه شده است. در پایان، هر متغیر از طریق وزن متوسط به هر طبقه یا طبقات متغیر مورد نظر حاصل شده است. امتیاز به دست آمده برای هریک از طبقات متغیر مورد استفاده در جدول شماره دوازده آمده است. در روش تحلیل سلسله‌مراتبی که در این پژوهش به کار برده‌ایم، مجموع حاصل ضرب ضریب وزن هر متغیر میزان خطر وقوع فرسایش خندقی رخداده در آن طبقه به مساحت کل منطقه مورد مطالعه به صورت درصد بین صفر تا ۱۰۰ مشخص و تعیین می‌شود. بدیهی است برای طبقه دارای حداقل سطح فرسایش خندقی امتیاز ۱۰۰ و برای طبقه فاقد فرسایش خندقی امتیاز صفر منظور می‌شود. بنابراین اگر جمع امتیاز به دست آمده به ۱۰۰ نزدیک باشد، به معنای حساسیت بیشتر یا پتانسیل زیاد ازنظر فرسایش خندقی خواهد بود و بر عکس چنانچه جمع امتیاز نهایی صفر باشد، بدان معناست که پهنه مورد نظر حساسیت کم یا منطقه ازلحاظ وقوع فرسایش خندقی، کم خطر است. حال با

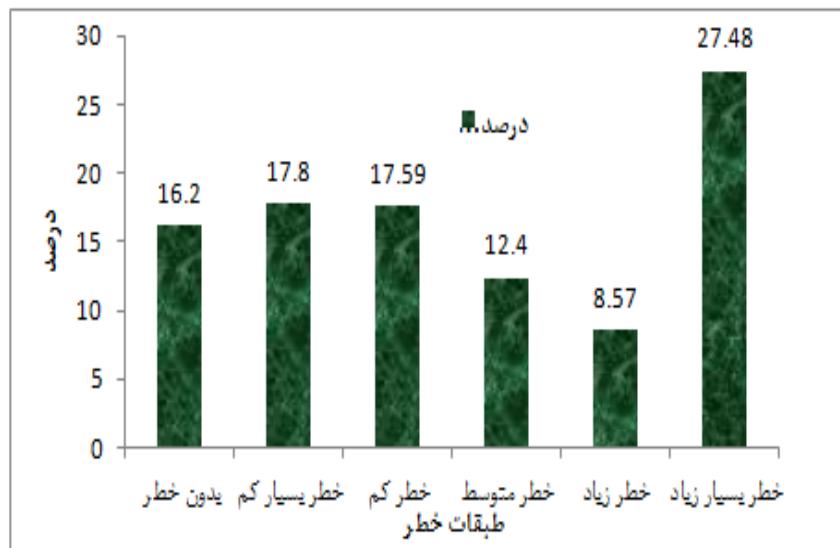
توجه به این توضیحات و با نظر به داده‌های جدول شماره یازده، پتانسیل رخداد فرسایش خندقی در حوضه دیره به شرح رابطه زیر است:

$$Y = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n$$

در این رابطه، Y میزان خطر وقوع فرسایش خندقی و x_1, x_2, \dots عوامل مؤثر بر رخداد آن هستند. با استفاده از این رابطه، پتانسیل میزان خطر رخداد فرسایش خندقی در حوضه مورد مطالعه در شش طبقه محاسبه شده و نتایج آن در شکل‌های شماره دوازده و سیزده آمده است. طبق این نمودار، بیش از ۳۶ درصد مساحت حوضه دیره از نظر وقوع فرسایش خندقی، در معرض خطر زیاد و خیلی زیاد قرار دارند که اگر خطر متوسط را نیز به آن بیفراییم، حدود نیمی از مساحت حوضه در معرض فرسایش است.



شکل ۱۲ نتیجه پنهانبندی خطر فرسایش خندقی در حوضه دیره با روش تحلیل سلسله‌مرانی



شکل ۱۳ پهنه‌بندی خطر فرسایش خندقی در حوضه آبریز دیره

۵- نتیجه‌گیری

براساس یافته‌های پهنه‌بندی، بیشترین میزان فرسایش خندقی در لایه شیب با ۳۰/۲ درصد تأثیر قرار دارد که این اثرگذاری در طبقات شیب ۰-۴/۱ و ۴/۱-۹/۹ به ترتیب ۴۱/۶ و ۲۵/۸ درصد بیشتر از بقیه طبقات است؛ زیرا در شیب‌های پایین فرصت نفوذ آب داخل خاک و ایجاد حفره برای تشکیل خندق‌ها بیشتر است. در پهنه‌بندی حساسیت اراضی حوضه آبریز دیره شهرستان گیلانغرب به فرسایش خندقی، طبقه شیب ۰-۴/۱ درصد، جهت شمال غرب و شمال شرق به ترتیب با ۲۲/۴ و ۱۸/۶ درصد، لایه انحنای شیب افقی و عمودی به ترتیب لایه‌های ۰/۱۳-۰/۱۵ و ۰/۱۵-۰/۱۰-۰/۱۵ درصد دارای بیشترین وزن هستند. همچنین، لایه کاربری اراضی با ۲۵/۲ درصد بعد از شیب بیشترین میزان تأثیر در فرسایش خندقی در حوضه آبریز دیره را دارد. در این لایه، اراضی آبی با ۴۲ درصد بالاترین وزن را در مقایسه با بقیه کاربری‌ها در اثرگذاری بر خنداق‌زایی دارد. با مدیریت درست اراضی، حفظ ظرفیت نفوذپذیری خاک، پوشش گیاهی و ساختمان خاک و جلوگیری از تمرکز بیش از حد رواناب می‌توان از تشکیل خندق‌ها جلوگیری کرد. در لایه فاصله از آبراهه‌ها، لایه‌های ۰-۱۲۰ و ۱۲۰-۲۹۲/۸۵ به ترتیب با ۴۲ و

۲۰/۴ درصد، فاصله از جاده‌ها با ۱۴/۳ درصد در مناطقی که فاصله از جاده در آن‌ها بین ۰-۱۱ و ۸۱۰/۲۳-۳۳۷/۲۳ به ترتیب ۴۲/۲ و ۲۲ درصد بیشترین وزن را دارند. برای کاهش این خطر باید از جاده‌سازی غیراصولی در مناطق حساس جلوگیری کرد. در لایه لیتوژوژی لایه آبرفت با ۳۴ درصد و لایه توالی مارن و ماسه با ۲۲/۵ درصد در مقایسه با بقیه لایه‌ها مؤثرتر تشخیص داده شد و بیشترین وزن را دارند که علتش، رسوبات نرم و بهشت حساس این واحده است. درنهایت، با پنهانی خطر فرسایش خندقی در حوضه مورد مطالعه بیش از ۳۶ درصد مساحت حوضه دیره از نظر وقوع فرسایش خندقی، درمعرض خطر زیاد و خیلی زیاد قرار دارد که با درنظر گرفتن خطر متوسط، این خطر نیمی از این حوضه را که یکی از دشت‌های حاصل خیز شهرستان و حتی استان است، تهدید می‌کند.

نتایج این تحقیق به مسئلان در برنامه‌ریزی‌های صحیح برای جلوگیری و مهار هرچه سریع‌تر این نوع فرسایش در حوضه مورد مطالعه کمک شایانی می‌کند. در پایان، به‌منظور پیشگیری از رشد فرسایش خندقی پیشنهادهایی بیان می‌شود:

۱. به‌وسیله حفاظت و ایجاد پوشش گیاهی منطبق با شرایط طبیعی منطقه، خندق‌ها احیا و کترل شود.

۲. کترل خندق به‌وسیله انواع بندها، شامل الف- بندهای موقتی: با کند کردن سرعت جریان آب و درنتیجه تشدید عمل رسوب‌گذاری مانع از این فرسایش می‌شود. ب- بندهای چوبی: با قرار دادن دو ردیف تیر چوبی در عرض خندق و قرار دادن چوب‌های ضخیم افقی بین آن‌ها و فروکردن در کف آبراهه ایجاد سد می‌کند. ج- بندهای سنگی: از روی هم قرار گرفتن قطعه‌سنگ‌های غیرمتصل ساخته می‌شود و باعث عمل رسوب‌گذاری و همچنین تغذیه آبهای زیرزمینی می‌شود. د- بندهای خاکی: در خندق‌های ساخته می‌شود که حجم جریان آن‌ها کم است. بندهای گابیونی، دائمی و... نیز در کترل فرسایش بسیار مؤثرند.

۳. مأموران سازمان حفاظت محیط زیست منطقه درزمنه نوع و اصول کشت صحیح و جلوگیری از شخم زدن درجهت شیب دامنه‌ها به کشاورزان آگاهی دهند.

۴. براساس توان طبیعی و محدودیت‌های مربوط به خصوصیات فیزیوگرافی، ژئومورفولوژی، خاک و... در منطقه، کاربری اراضی را اصلاح کنند.



۶- منابع

- احمدی، حسن، ژئومورفولوژی کاربردی، ج ۱: فرسایش آبی، تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۸.
- الفتی، سعید، فرشاد صفرپور و مهدی محمودآبادی، «زمین‌لغزش و انواع روش‌های مطالعه»، مجله رشد آموزش جغرافیا، ۲۶، ش ۴، صص ۳۱-۳۸. ۱۳۹۱
- بیاتی خطیبی، مریم، «ویژگی‌های خندق‌ها و عوامل کنترل‌کننده فرایندهای خندق‌زایی مطالعه موردی محدوده بین اهر - مشکین شهر»، مجله جغرافیا و توسعه، ۷، صص ۱۱۵-۱۳۶. ۱۳۸۵
- ——— «تحلیل و بررسی نقش عوامل توبوگرافی و مورفوژنز در خندق‌زایی مطالعه موردی دامنه‌های شمالی قوشه‌داغ»، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، ۴۹، ش ۷۰، صص ۵۳-۷۰. ۱۳۸۳
- جعفری گرزین، بهنوش، رضاعلی دومهری، مهرداد صفائی و سیدحسن احمدیان، «معرفی مدل‌هایی برای پیش‌بینی رشد حجم خندق مطالعه موردی: حوضه آبخیز سرخ‌آباد مازندران»، مجله پژوهش و سازندگی، ۷۵، ش ۱۰۸-۱۱۷. ۱۳۸۶
- رامشت، محمدحسین، لیلا گرجی و مژگان انتظاری، «روش‌های ریاضی ارزیابی گالی»، مجله سپهر، س ۱۸، ش ۷۰، صص ۱۶-۲۰. ۱۳۸۸
- رفاهی، حسینقلی، فرسایش آبی و کنترل آن، تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۵.
- شیرانی، کوروش، ستار چاووشی و جعفر غیومیان، «بررسی و پهنه‌بندي خطر زمین‌لغزش در پادناهی علیای سمیرم»، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، ۲۳، ش ۴۶-۳۱. ۱۳۸۵
- عرب‌قشقاوی، زهرا، داود نیک‌کامی، صمد شادرف و ابوالفضل معینی، «پهنه‌بندي فرسایش خندقی در حوضه آبخیز طرود فیروزکوه»، فصلنامه سرزمین، ۳۱، ش ۱۰۷-۱۱۹، صص ۱۳۹۰.
- علائی طالقانی، محمود و زهرا رحیم‌زاده، «شبیه‌سازی احتمال وقوع زمین‌لغزش در حوضه آبخیز جوانرود با مدل تحلیل سلسه‌مراتبی با تأکید بر ویژگی‌های مورفوژوژی»، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۴۴، ش ۷۲، صص ۵۳-۴۴. ۱۳۹۰

- علیزاده، امین، فرسایش و حفاظت خاک، مشهد: انتشارات آستان قدس رضوی، ۱۳۶۸.
- قدوسی، جمال، مال سازی فرسایش خنثی و پهنه بنای خطر آن مطالعه موردنی حوضه آبخیز زنجانرود، رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۳۸۲.
- میلادی، بهزاد، شبیه سازی مناطق مستعد فرسایش خنثی در حوضه های آبریز مرگ و راز آور، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه رازی کرمانشاه، ۱۳۹۰.
- Betts, H.D. & R.C. Derose, "Digital Elevation as Tool for Monitoring and Measuring Gully Erosion", *Jag*, Vol.-Issue 2, Pp. 91- 101, 1999.
- Burkard, M.B. & Kostaschuk, "Patterns and Control of Gully Growth Along the Shoreline of Kake Huron", *Earth Surface Processes and Landforms*, 22, Pp. 901- 911, 1997.
- Collison, A.J., "The Sycle of Instability: Stress Releas and Fissure Flow as Controls on Gully Head Reteat", *Hydrological Processes*, 15(1), Pp. 3-12, 2001.
- Dotterweich, M., "High Resolution Reconstruction of a 1300 Year Old Gullysystem in Northern Bavarian", *The Holocene*, 15, 7, Pp. 997- 1005, 2005.
- Ezechi, J.I., The Influnce of Runoff, Lithology and Water Table on the Dimensions and Rate of Gullying Processes in Eastern, Nigeria, Elsevier, Catena Verlag. Cremlingen (Web-Site), 2000.
- Heathwaite, A.L., T.P. Burt & S.T. Trudgill, "Land-use Controls on Sediment Production in a Lowland Catchment, Soth-west England", *Soil Erosion on Agricultural Land*, John Wiley and Son's LTD, Pp. 69- 86, 1990.
- Kakembo, V., W.W. Xanga & K. Rowntree, "Topographic Thresholds in Gully Development on the Hill Slopes of Communal Areas in Ngqushwa Local Municipality, Eastern Cape, South Africa", *Department of*



...

...

پژوهی‌بنایی فرسایش خنده‌قی در حوضه...

Gepsciences, NelsonMandela Metropolitan University, Port Elizabeth,
South Africa, 2003.

- Nachtergaelle, J., J. Poesen, A. Sidorchuk & D. Torri, "Prediction of Concentrated Flowwidth in Ephemeral Gully Channels", *Hydrological Processes*, 16, 10, Pp. 1935- 1953, 2002.
- Posesen, J., J. Nachtorgale & G. Verstrac, "Gully Erosion and Environmental Change: Importance and Research Needs", *Catena*, 50, Pp. 91- 133, 2003.
- Renschler, C.S. & J. Harbor, "Soil Erosion Assessment Tools from Point to Regionalscales-the Role of Geomorphologists in Land Management Research and Implementation", *Geomorphology*, 47, Pp. 189- 209, 2002.
- Soufi, M., "Characteristics and Causes of Gully Erosion in Iran", *Proc, 12th ISCO Conference*, Beijing, Pp. 589- 593, 2002.
- Valentin, J.P. & Y. Li, "Gully Erosion Impacts, Factorsand Control", *Catena*, 63, Pp. 132- 153, 2005.
- Wijdenes, O.D.J., J. Poesen, L. Vandekerckhove & M. Ghesquiere, "Spatial Distribution of Gully Head Activity and Sediment Supply Along an Ephemeral Channel in a Mediterranean Environment", *Catena*, 39, Pp. 147- 167, 2000.