

می‌توان با ایجاد و حفظ پوشش گیاهی، مدیریت مناسب مراتع و فرق آن‌ها، با افزایش زبری و کاهش رواناب، به کاهش نرخ فرسایش آبکندی کمک کرد.

کلیدواژه‌ها: استان فارس، تحلیل عاملی، حجم، حوزه آبخیز مزایجان، فرسایش آبکندی، گسترش

مقدمه

فرسایش خاک یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب اراضی در سراسر جهان بوده و تهدید اصلی برای توسعه فعالیت‌های کشاورزی به شمار می‌رود [۶]. نرخ فرسایش خاک در کشورهای مختلف نشان می‌دهد که بالاترین میزان فرسایش در کشورهای در حال توسعه رخ داده است و این امر یک خطر جدی برای توسعه پایدار اکوسیستم‌ها و کاربری‌های مختلف از جمله جاده‌سازی، خطوط ارتباطی و کشاورزی به حساب می‌آید. نرخ سالانه‌ی فرسایش خاک در ایران ۳۳ تن در هکتار در سال گزارش شده است که ۶/۵ برابر حد مجاز می‌باشد. برای تشکیل یک سانتی‌متر خاک ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ سال زمان لازم است [۷]. بنابراین نباید این منبع ارزشمند را از دست داد و آیندگان را با مشکل مواجه ساخت. فرسایش خاک توسط آب، یکی از عوامل تخریب منابع طبیعی است که با از دست رفتن خاک حاصلخیز و مواد غذایی موجود در خاک و در نتیجه گیاهان موجب خسارت زیادی می‌شود [۲۰].

هادسون^۵ [۸] آبکند را یک آبراهه با کناره‌های دارای شیب تند و یک پیشانی فرسایشی پرشیب و فعال می‌داند که به وسیله‌ی فرسایش ناشی از جریان سطحی متناوب (معمولاً در طی یا پس از وقوع باران‌های شدید) ایجاد گردیده است. البته در برخی از مناطق دنیا، آبکندها توسط جریان متمرکز اشباع و یا ذوب برف ایجاد می‌گردند. بریس^۶ [۴] از معیارهای عرض حداقل ۰/۳ متر و عمق ایجاد ۰/۶ متر برای تفکیکی شیار و آبکند موقتی استفاده نمود. ایمسون^۷ [۸] از معیار عمق حداقل معادل ۰/۵ متر برای این تفکیک استفاده کرده است. آبکندها از ویژگی‌های معمول شیب‌ها و مناطق تپه‌ماهوری هستند که عوامل زمین محیطی مختلفی مانند توپوگرافی، سنگ شناسی، بارندگی، خاک و کاربری اراضی در ایجاد آن‌ها مؤثر است

5. Hudson
6. Brice
7. Imeson

تعیین عوامل اثرگذار بر توسعه‌ی آبکندها در حوزه‌ی آبخیز مزایجان استان فارس با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره

محمد هدایت‌فرد^۱، حمید غلامی^۲، سید مسعود سلیمان‌پور^۳، ارشک حلی‌ساز^۴
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۲۶

چکیده

فرسایش آبکندی یکی از عوامل تخریب اراضی است که با از دست رفتن خاک حاصل‌خیز، موجب خسارت زیادی می‌شود. به این منظور، در پژوهش حاضر با استفاده از رابطه‌ی کوکران، ۴۰ آبکند به‌منظور اندازه‌گیری در حوزه‌ی آبخیز مزایجان واقع در جنوب‌شرق استان فارس انتخاب شد. جهت تعیین فاکتورهای تأثیرگذار بر طبقه‌بندی نمونه‌ها، از روش تحلیل عاملی استفاده گردید. به‌منظور تعیین مؤثرترین عوامل در ایجاد و گسترش و تولید رسوب آبکندها از روش رگرسیون چند متغیره‌ی پس‌رونده استفاده شد. نتایج نشان داد مساحت آبخیز ایجاد آبکندها تابع متغیرهای درصد خاک لخت، ماده‌ی آلی و شن است. به‌طوری که با افزایش هر درصد خاک لخت مقدار ۰/۳۷۹ به مساحت آبخیز ایجاد آبکندها اضافه می‌شود و به میزان هر واحد درصد ماده‌ی آلی خاک و درصد شن به ترتیب مقدار ۰/۳۴۹ و ۰/۳۶۳ واحد از مساحت آبخیز ایجاد آبکندها کاسته می‌گردد. همچنین در تعیین عوامل اثرگذار بر حجم آبکندها درصد شن، مهم‌ترین عامل اثرگذار بر کاهش حجم آبکندها بود. بنابراین به‌منظور جلوگیری از توسعه‌ی آبکندها و کاهش تولید رسوب باید توجه بیشتری به کنترل فرسایش در پیشانی آبکندها داشت؛ از این‌رو

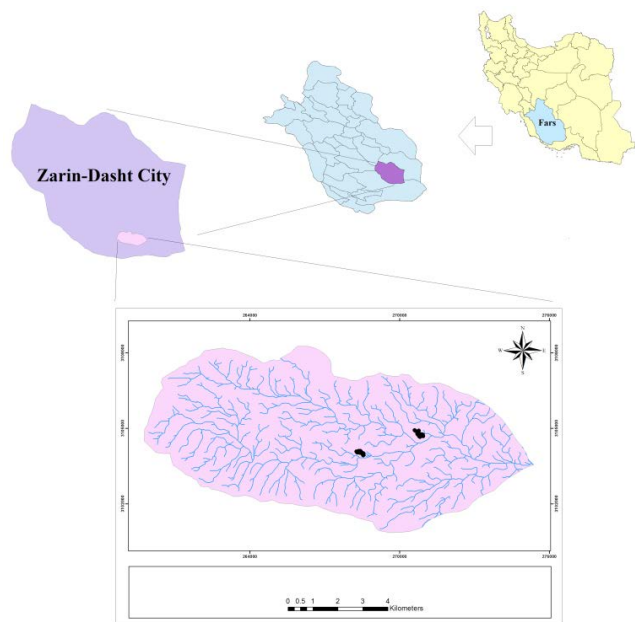
- ۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس
- ۲- نویسنده‌ی مسئول و دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس
- پست الکترونیک: hgholami@hormozgan.ac.ir
- ۳- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.
- ۴- استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

سطحی و شیاری متمرکز بوده است. اما در دهه‌ی آخر قرن بیستم به دلیل کمبود تحقیقات در زمینه‌ی فرسایش آبکندی توجه بیش‌تری به فرسایش آبکندی معطوف گردیده است [۱۵]. مطالعه و بررسی دقیق جوانب مختلف فرسایش آبکندی به دلیل تولید رسوب قابل ملاحظه و خسارت‌های فراوان به اراضی، راه‌ها و سازه‌های عمرانی در استان فارس از اولویت بالایی برخوردار است. به این منظور، پژوهش حاضر با بررسی روش‌های آماری چند متغیره در تعیین عوامل مؤثر در ایجاد، گسترش و حجم آبکندها، به بررسی این عوامل و تعیین اثرگذارترین آن‌ها در حوزه‌ی آبخیز مزایجان پرداخته است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه

حوزه‌ی آبخیز مزایجان در جنوب‌شرقی استان فارس، در محدوده‌ی شهرستان زرین‌دشت با مختصات جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۸ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۵۴ درجه و ۴۳ دقیقه و ۰۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۰۰ دقیقه و ۱۰ ثانیه تا ۲۸ درجه و ۰۳ دقیقه و ۳۰ ثانیه شمالی قرار دارد. شیب منطقه بسیار کم و حدود ۲/۵ در هزار است. مساحت این حوزه‌ی آبخیز ۷۵۱۰/۶۴ هکتار و ارتفاع متوسط آن ۱۱۵۶/۵ متر از سطح دریا می‌باشد. اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن اصلاح شده در رده‌ی اقلیم نیمه‌خشک معتدل قرار می‌گیرد که دمای متوسط سالانه‌ی آن ۲۳/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالانه بر اساس آمار ۳۰ ساله‌ی ایستگاه ده‌خیر، ۲۲۷ میلی‌متر می‌باشد [۲۳].



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه‌ی آبخیز مزایجان

Fig 1. Geographic location of Mazayjan watershed

[۲]. فرسایش آبکندی یکی از انواع فرسایش آبی است که با حضور آن، پتانسیل اراضی کشاورزی و مرتعی کاهش یافته و بیابان‌زایی به دنبال آن آغاز می‌شود، به طوری که می‌توان فرسایش آبکندی را از عوامل کلیدی بیابان‌زایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک برشمرد [۳]. فرسایش آبکندی می‌تواند از ۱۰ تا ۹۴ درصد کل فرسایش یک منطقه را شامل شود. مقدار فرسایش آبکندی در تخریب خاک در سطوح ۲/۶ تا ۱۰ هکتار، بین ۳۳ تا ۸۵ درصد می‌باشد [۱۵].

طی پژوهش‌های صورت گرفته، سلیمان‌پور و همکاران [۱۹] اقدام به تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر گسترش طول آبکندها در آبخیز قاضیان استان فارس نمودند و به این نتیجه رسیدند، که عوامل هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع، مساحت آبخیز گسترش و درصد خاک لخت مهم‌ترین نقش را در گسترش طول آبکندها در این منطقه ایفا می‌نمایند. نظری‌سامانی و همکاران [۱۲] نسبت به تعیین عوامل مؤثر بر رشد طولی فرسایش آبکندی در حوزه‌ی آبخیز دره کره اقدام نمودند. به منظور تعیین عوامل مؤثر بر گسترش طولی آبکندها، از آنالیزهای رگرسیونی بین گسترش طولی آبکندها و فاکتورهای توپوگرافی، فیزیکی- شیمیایی خاک، و مورفولوژی آبکندها استفاده شد. نتایج نشان داد مساحت حوزه‌ی آبخیز بالادست آبکندها، فاصله‌ی بالاکند تا مرز حوزه‌ی آبخیز، ارتفاع بالاکند، و نسبت جذبی سدیم، مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رشد طولی آبکندها بوده‌اند. رستمی زاد و همکاران [۱۸] در پژوهشی، تعیین عوامل مؤثر بر رشد طولی آبکندها و پیش‌بینی گسترش آن در شهرستان دره‌شهر واقع در شرق استان ایلام اقدام کردند و نتایج ایشان نشان داد گسترش طولی آبکندها تابع طول آبکندها، نسبت جذبی سدیم، درصد شن و میزان انحنای دامنه بوده و گسترش حجمی آبکندها تابعی از سطح مقطع آبکندها، درصد آهک و ضریب کشیدگی حوزه‌ی آبخیز بالادست آبکندها است. لی و همکاران [۱۱] در تحقیقی بر روی آبکندهای واقع در لس‌های فلات چین، به این نتیجه دست یافت، که حجم آبکندها به طور معنی‌داری با طول آبکندها رابطه‌ی مستقیم دارد. ناوانکو و همکاران [۱۴] در پژوهشی به بررسی وضعیت فرسایش آبکندی در ایالت آبیآ نیجریه پرداختند. ایشان علل اصلی ایجاد فرسایش آبکندی در این منطقه را وجود معدن شن، فعالیت‌های کشاورزی نادرست، سیستم‌های زهکشی ضعیف و نامناسب، و جاده‌سازی و ساخت و سازه‌های غیراصولی اعلام می‌نمایند. پولیس و همکاران [۱۷] پویسون و همکاران [۱۶] و والتین و همکاران [۲۴] نیز در تحقیقات خود نتیجه گرفتند که تغییر کاربری اراضی و مخصوصاً تبدیل اراضی مرتعی به زمین‌های کشاورزی باعث افزایش میزان فرسایش آبکندی می‌گردد.

تا اواخر دهه‌ی ۹۰ در قرن بیستم، بیش‌تر مطالعات روی فرسایش

1. Li
2. Nawankwo
3. Abia
4. Poesen
5. Valentin

خصوصیات خاک، زمین‌شناسی و کاربری اراضی منطقه

بافت خاک سطحی، غالباً لومی شنی، لومی و لومی رسی شنی، و خاک عمقی دارای بافت عمدتاً لومی است. و در رده‌ی خاک‌های شور قرار می‌گیرد. سازند زمین‌شناسی این حوزه، آبرفت‌های دوره‌ی کواترن است و تیپ غالب اراضی، تپه‌ماهور است. با توجه به وضعیت کاربری اراضی، مناطق آبکندی مزایجان، اغلب در اراضی بایر واقع شده است [۲۳].

روش تحقیق

موقعیت مکانی آبکندها

مرز حوزه‌های آبخیز هر آبکند ابتدا در مطالعه‌ی میدانی در سال ۱۳۹۸، به وسیله‌ی GPS تعیین و سپس با استفاده از نقشه‌ی توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و تطبیق با تصاویر ماهواره‌ای IRS، مرز آبخیز آبکندهای منتخب مشخص و ترسیم شد. شکل ۲، به ترتیب، محدوده‌ی حوزه‌ی آبخیز مزایجان را همراه با آبکندهای منتخب، نشان می‌دهد.

انتخاب تعداد استاندارد نمونه‌ها (آبکندها) به منظور اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر

تعیین صحیح و اصولی نمونه‌ها، از فرمول کوکران^۱ با خطای ۱۰ درصد، استفاده شد. با بازدید میدانی آبکندها، ۴۰ آبکند به منظور اندازه‌گیری‌های زیر تعیین شدند. شایان ذکر است نحوه‌ی انتخاب آبکندها در صحرا، به صورت کاملاً تصادفی بود.

$$n = \frac{z^2 pq}{d^2} \quad (1)$$
$$1 + \frac{1}{N} \left[\frac{z^2 pq}{d^2} - 1 \right]$$

در این فرمول؛ n: تعداد نمونه، z: درصد خطای معیار ضریب اطمینان قابل قبول، N: تعداد جامعه، p: درصد توزیع صفت در جامعه، q: درصدی که فاقد صفت مورد مطالعه است. d: درجه‌ی اطمینان یا دقت احتمالی مطلوب می‌باشد.

تهیه نقشه‌های حوزه‌ی آبخیز

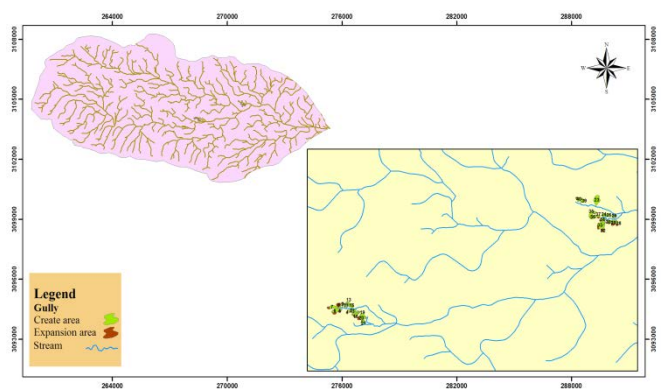
موقعیت آبکندها، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، و شیب مناطق انتخابی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ در نرم‌افزار GIS، (با مبنای قرار دادن پژوهش‌های [۲۰] و [۱۸]) و به کمک تصاویر ماهواره‌ای IRS مربوط به سال ۲۰۰۸، پایگاه اطلاعاتی Google Earth انجام شد و برداشت‌های زمینی نیز با حضور در حوزه‌ی آبخیز و ثبت شواهد توسط GPS تهیه شد.

اندازه‌گیری پارامترهای ابعادی آبکندها

پارامترهای ابعادی از شاخه‌ی درجه ۱ (اصلی)، توسط متر نواری در صحرا اندازه‌گیری شد. پارامترهای ابعادی اندازه‌گیری شده، در برگیرنده‌ی طول آبکند، عرض بالا، عرض پایین و عمق آبکند در فواصل ۱۰ متری [۲۲] از سر هر آبکند بود. محاسبه‌ی حجم فرسایش آبکندی، از ضرب متوسط هر دو مقطع در طول بین دو مقطع و مجموع حاصل ضرب‌ها به دست آمد [۱۹، ۲۰].

اندازه‌گیری مساحت و شیب آبخیز آبکندها

به منظور ترسیم حوزه‌ی آبخیز واقع در خروجی و پیشانی هر آبکند، پس از برداشت میدانی و ثبت نقاط ارتفاعی (تقسیم آب) توسط دستگاه GPS در سال ۱۳۹۸ در صحرا، این نقاط به محیط GIS منتقل شد و با رعایت اصول کارتوگرافی، مرز هر حوزه‌ی آبخیز آبکندی در دو حالت ایجاد و گسترش (شکل ۴)، ترسیم و مقادیر مساحت آن استخراج گردید [۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲]. همچنین به منظور اندازه‌گیری شیب سر و انتهای هر آبکند، از دو روش DEM با شبکه‌ی سلولی یا مربعی منظم [۱۹] و اندازه‌گیری میدانی با استفاده از شیب‌سنج انجام شد.



شکل ۲- حوزه‌ی آبخیز مزایجان و آبکندهای آن

Fig 2. Mazayjan watershed and its gullies



شکل ۳- نمایی از فرسایش آبکندی در حوزه‌ی آبخیز مزایجان

Fig 3. A view of gully erosion in Mazayjan watershed

طبقه‌بندی آبکندها با استفاده از تحلیل خوشه‌ای^۱ به منظور تهیه گروه‌های همگن

تحلیل خوشه‌ای یک روش طبقه‌بندی، برای تشخیص دسته‌هایی با ویژگی‌های یکسان در مجموعه پیچیده‌ای از داده‌ها است. هدف از این دسته‌بندی این است که داده‌ها را به گونه‌ای در دسته‌ها و یا خوشه‌های مختلف قرار دهد که درجه همخوانی بین اعضای یک خوشه قوی و درجه همخوانی بین اعضای خوشه‌های گوناگون ضعیف باشد. دسته‌بندی آبکندهای منطقه بر اساس پارامترهای مربوطه، به روش تحلیل خوشه‌ای صورت گرفت [۲۰، ۲۲].

تعیین عوامل مؤثر در تعیین گروه‌های همگن با استفاده از تحلیل عاملی^۲

تحلیل عاملی یک روش آماری چند متغیره با کاربردهای فراوان است که مهم‌ترین آن کاهش تعداد زیادی از متغیرهای وابسته به هم به صورت تعداد کوچکتری از متغیرها (عامل‌ها) است به طوری که کم‌ترین میزان ریزش اطلاعات به وجود آید. به طور کلی تحلیل عاملی را می‌توان به دو گروه عمده تقسیم کرد: اکتشافی (EFA) و تأییدی (CFA). در نوع اول، هیچ آگاهی قبلی در مورد تعداد یا ماهیت متغیرها وجود ندارد و محقق کاملاً به طور اکتشافی در این باره عمل می‌کند [۲۵]. اما در روش CFA محقق انتظارات و فرضیاتی بر اساس تئوری قبلی در ذهن داشته و بر این مبنا اقدام به آزمون تئوری یا مدل می‌کند. در این مطالعه روش EFA مورد استفاده قرار گرفت [۲۶]. به این منظور تعیین فاکتورهای مؤثر بر طبقه‌بندی نمونه‌ها، با تحلیل عاملی انجام گردید [۲۰].

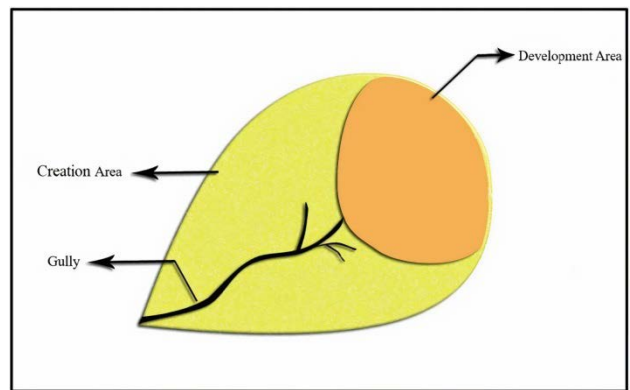
انجام رگرسیون چند متغیره

تهیه رگرسیون چند متغیره پس‌رونده، به منظور تعیین مؤثرترین عوامل در ایجاد، گسترش و تولید رسوب آبکندها در منطقه‌ای آبکندهی مورد مطالعه از حیث ویژگی‌های مورفومتریک در حالت خوشه‌بندی با متغیرهای وابسته‌ی مساحت آبخیز ایجاد (Y_1)، مساحت آبخیز گسترش (Y_2) و حجم آبکنده (Y_3) و متغیرهای مستقل شیب ایجاد تا درصد شن (X_1 تا X_{12}) مندرج در جدول ۱ انجام گردید [۲۰].

نتایج

مشخصات آبکندها

جدول ۱ دامنه‌ی تغییرات متغیرهای مستقل و وابسته‌ی مورد استفاده در معادله‌ی رگرسیونی را ارائه می‌دهد. نتایج اطلاعات آبکندهای حوزه‌ی آبخیز مزایجان حاکی از این است که به طور متوسط مساحت آبخیز ایجاد آبکندها به ترتیب ۱۹۲۶/۷۵ مترمربع می‌باشد؛ همچنین سطح آبخیز آبکندها دارای پوشش گیاهی کم‌تر از



شکل ۴- نمای شماتیک از حوزه‌ی آبخیز در هر آبکنده [۲۱]
Fig 4. Schematic view of the watershed in each gully [21]

اندازه‌گیری پوشش و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری درصد سنگ‌ریزه، خاک لخت، پوشش گیاهی، لاشبرگ در پیشانی، خروجی و کناره‌های چپ و راست آبکندهای منتخب، با قرار دادن تصادفی حداقل ۱۰ پلات یک متر مربعی و تعیین میانگین آن‌ها انجام گردید. برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، از نقطه‌ای در سر هر آبکنده و خروجی هر آبکنده، نمونه‌ای مخلوط از عمق ۰-۵۰ سانتی‌متر برداشت شد (شکل ۵). ویژگی‌های شیمیایی خاک شامل: هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع (EC)، اسیدیته‌ی خاک (pH)، درصد ماده‌ی آلی خاک (OM) و نسبت جذبی سدیم (SAR) در آزمایشگاه تخصصی خاک‌شناسی اندازه‌گیری شد. همچنین اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی خاک (بافت) شامل: درصد رس (Clay)، درصد سیلت (Silt)، درصد شن (Sand)، به روش هیدرومتری انجام شد.



شکل ۵- نمونه‌برداری از خاک آبکندها در حوزه‌ی آبخیز مزایجان
Fig 5. Sampling of gullies soil in Mazayjan watershed

1. Cluster Analysis
2. Factor Analysis

۲۰ درصد (۹/۸ درصد) است که نشان‌دهنده‌ی وضعیت فقیر مرتع و استعداد تبدیل باران به رواناب سطحی است.

تعیین عوامل مؤثر بر ایجاد آبکندها الف- تحلیل عاملی

با در نظر گرفتن متغیرهای مربوط به مساحت آبخیز ایجاد آبکندها (Y_1) و انجام تحلیل عاملی با چرخش واریماکس، با توجه به در نظر گرفتن ۵ متغیر اول، حدود ۷۹ درصد تغییرات مربوط به کلیه‌ی متغیرها تبیین می‌شود. با توجه به ضرایب، مؤلفه‌ها مشخص می‌شود که متغیرهای X_1, X_3, X_4, X_8 و X_{12} بیش‌ترین تأثیر را در بین متغیرها دارند.

ب- خوشه‌بندی

تجزیه‌ی خوشه‌ای بر اساس شاخص‌های مربوط به مساحت آبخیز ایجاد آبکندها (Y_1)، با حداقل ۶۰ درصد شباهت و روش وارد انجام شد [۲۰]. نتایج خوشه‌بندی نشان داد آبکندهای حوزه‌ی آبخیز مزایجان در سه گروه (دسته) قرار دارند: گروه اول شامل ۲۵ آبکند با شباهت ۹۳/۱۵ درصد. گروه دوم شامل ۱۱ آبکند (آبکندهای شماره ۵، ۷، ۹، ۱۶، ۲۰، ۲۸، ۳۰، ۳۳، ۳۴ و ۳۷ و ۴۰) با شباهت ۷۹ درصد؛ و گروه سوم شامل ۴ آبکند (آبکندهای شماره‌ی ۶، ۸، ۲۹ و ۳۲) با شباهت ۸۳ درصد می‌باشند (شکل ۶).

جدول ۱- مقادیر اندازه‌گیری شده به منظور تعیین مؤثرترین عوامل بر آبکندهای حوزه‌ی آبخیز مزایجان

Table 1. Measured values in order to determine the most effective factors on the gullies of Mazayjan watershed

حداکثر Maximum	میانگین Average	حداقل Minimum	عوامل Factors
1926.75	983	204	مساحت آبخیز ایجاد آبکند (مترمربع) Creation area of gully (m ²)
808.05	357	37	مساحت آبخیز گسترش آبکند (مترمربع) Development area of gully (m ²)
2063.35	126.86	7.63	حجم آبکند (متر مکعب) Volume of gully (m ³)
6	2.9	1	شیب ایجاد آبکند (درصد) Creation slope of gully (%)
5	2.6	0.8	شیب گسترش آبکند (درصد) Development slope of gully (%)
37	9.8	0	درصد پوشش گیاهی Vegetation cover (%)
100	87.32	57	درصد خاک لخت Bare soil (%)
10	1.02	0	درصد سنگ‌ریزه‌ی سطحی Surface pebbles (%)
24	2.22	0	درصد لاشبرگ سطحی Surface litter (%)
8.94	5.34	1.85	هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS m ⁻¹)
8.24	7.75	7.35	اسیدیته pH
8.01	4.99	2.26	نسبت جذبی سدیم SAR
1.18	0.48	0.15	درصد ماده‌ی آلی Organic matter (%)
34.10	22.99	12.32	درصد رس Clay (%)
55.07	42.42	30.75	درصد سیلت Silt (%)
49.60	34.57	16.42	درصد شن Sand (%)

مهم‌ترین نقش کاهنده در این خصوص را ایفا می‌کنند. این عوامل با ضریب تبیین اصلاح شده‌ی ۳۱/۸ درصد در سطح ۱ درصد تأثیری معنی‌دار بر مساحت آبخیز ایجاد آبکندها دارند.

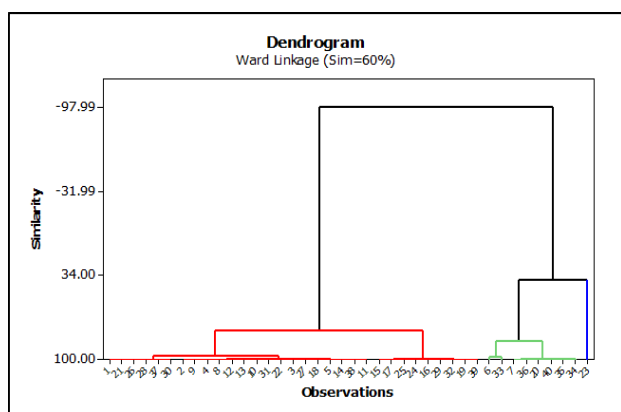
تعیین عوامل مؤثر بر گسترش آبکندها (Y_2)

الف- تحلیل عاملی

با در نظر گرفتن متغیرهای مربوط به مساحت آبخیز گسترش آبکندها (Y_2) و انجام تحلیل عاملی با چرخش واریماکس، با توجه به در نظر گرفتن ۵ متغیر اول، ۷۸ درصد تغییرات مربوط به کلیه‌ی متغیرها تبیین می‌شود. با توجه به ضرایب متغیرها در می‌یابیم که متغیرهای X_3, X_4, X_7, X_8 و بیش‌ترین تأثیر را در بین متغیرها دارند (مؤثرترین متغیرها هستند).

ب- خوشه‌بندی

تجزیه‌ی خوشه‌ای بر اساس شاخص‌های مربوط به مساحت آبخیز گسترش آبکندها (Y_2) با حداقل ۶۰ درصد شباهت و روش وارد انجام شد [۱۹]. نتایج نشان داد آبکندهای حوزه‌ی آبخیز مزایجان در سه گروه (دسته) قرار دارند: گروه اول شامل ۳۱ آبکندها با شباهت ۷۷/۲ درصد. گروه دوم شامل ۸ آبکندها (آبکندهای شماره‌ی ۶، ۷، ۲۰، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳ و ۴۰) با شباهت ۸۵/۱۹ درصد؛ و گروه سوم شامل ۱ آبکندها (آبکندها شماره‌ی ۲۳) می‌باشد (شکل ۷).



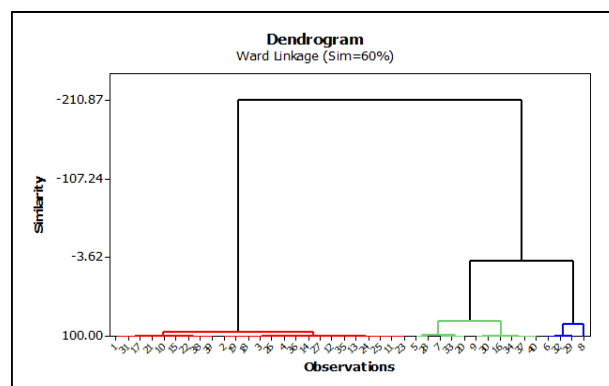
شکل ۷ - نمودار خوشه‌ای آبکندها بر اساس مساحت آبخیز گسترش آبکندها در حوزه‌ی آبخیز مزایجان

Fig 7. Cluster dendrogram of gullies based on development area in Mazayjan watershed

پ- رگرسیون

در رگرسیون با دسته‌بندی آبکندها بر اساس مساحت آبخیز گسترش آبکندها (Y_2)، گروه اول (شامل ۳۱ آبکندها) و گروه دوم (شامل ۸ آبکندها)، دو دسته‌ای بودند که به معادله‌هایی به شرح زیر، منتج شدند:

$$Y = 779.538 - 9857.634X_1 \quad (3)$$



شکل ۶ - نمودار خوشه‌ای آبکندها بر اساس مساحت آبخیز ایجاد آبکندها در حوزه‌ی آبخیز مزایجان

Fig 6. Cluster dendrogram of gullies based on creation area in Mazayjan watershed

پ- رگرسیون

با توجه به نتایج آنالیز خوشه‌ای و دسته‌بندی آبکندها، برای هر گروه رگرسیون گام به گام به روش پس‌رونده انجام شد تا بهترین معادله به دست آید. در دسته‌بندی آبکندها بر مبنای مساحت آبخیز ایجاد آبکندها (Y_1)، گروه اول شامل ۲۵ آبکندها، تنها دسته‌ای بود که به معادله‌ای به شرح زیر، منتج شد:

$$Y = -13.618 + 1.49X_3 - 45.122X_9 - 1.634X_{12} \quad (2)$$

با توجه به ضرایب استاندارد مندرج در جدول زیر و معادله‌ی خطی فوق مشخص می‌گردد مساحت آبخیز ایجاد آبکندها تابع متغیرهای درصد خاک لخت (X_3)، درصد ماده‌ی آلی خاک (X_9) و درصد شن (X_{12}) است. به‌طوری‌که به ازاء هر واحد درصد خاک لخت (X_3) مقدار ۰/۳۷۹ واحد به مساحت آبخیز ایجاد آبکندها (Y_1) اضافه می‌شود و به ازاء هر واحد درصد ماده‌ی آلی خاک (X_9) و درصد شن (X_{12}) به ترتیب مقدار ۰/۳۴۹ و ۰/۳۶۳ واحد از مساحت آبخیز ایجاد آبکندها (Y_1) کم می‌شود.

جدول ۲- ضرایب نهایی رگرسیون گام به گام در حوزه‌ی آبخیز مزایجان

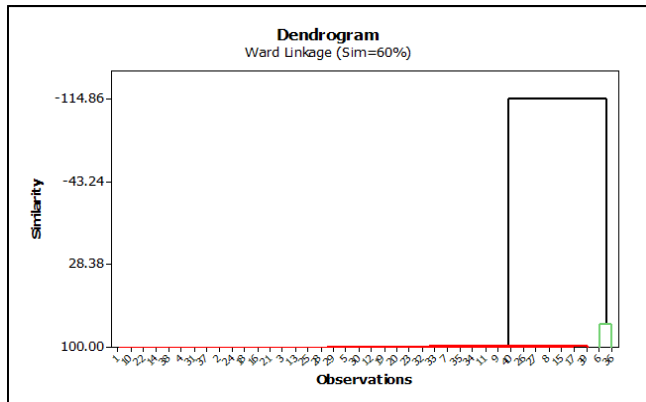
Table 2. Final stepwise regression coefficient in Mazayjan watershed

Standard coefficients			ضرایب استاندارد	سطح معنی‌داری ضریب تبیین اصلاح شده	Coefficient of determination (R^2)	Significance level (%)
β_1	β_2	β_3				
0.379	-0.349	-0.363		31.8		1

در نتیجه در حوزه‌ی آبخیز مزایجان عامل درصد خاک لخت (X_3) مهم‌ترین نقش را در افزایش مساحت آبخیز ایجاد آبکندها دارد و عوامل درصد شن (X_{12}) و درصد ماده‌ی آلی خاک (X_9) به ترتیب

ب- خوشه‌بندی

تجزیه‌ی خوشه‌ای بر اساس شاخص‌های مربوط به حجم آبکندها (Y_3) با حداقل ۶۰ درصد شباهت و روش وارد انجام شد [۱۹]. نتایج این خوشه‌بندی نشان داد آبکندهای حوزه‌ی آبخیز مزایجان در دو گروه (دسته) قرار دارند. گروه اول شامل ۳۸ آبکند با ۹۷/۸۲ درصد شباهت و آبکندهای شماره‌ی ۶ و ۳۶ با ۷۹/۲۶ درصد شباهت در گروه دوم قرار گرفتند (شکل ۸).



شکل ۸ - نمودار خوشه‌ای آبکندها بر اساس حجم آبکندها در حوزه‌ی آبخیز مزایجان

Fig 8. Cluster dendrogram of gullies based on the volume of gullies in Mazayjan watershed

ت- رگرسیون

در رگرسیون با دسته‌بندی آبکندها بر اساس حجم آبکندها (Y_3), گروه اول (شامل ۳۸ آبکند) دسته‌ای بود که به معادله‌ای به شرح زیر، منتج شد:

$$Y = 779.538 - 9857.634X_1 \quad (5)$$

با توجه به ضرایب استاندارد مندرج در جدول ۴ و معادله‌ی خطی فوق مشخص می‌گردد حجم آبکندها تابع متغیر درصد شن (X_{12}) است. به طوری که به ازاء هر واحد درصد شن (X_{12}) مقدار ۰/۳۴۲ از حجم آبکندها (Y_2) کم می‌شود.

جدول ۴- ضریب نهایی رگرسیون گام به گام در حوزه‌ی آبخیز مزایجان

watershed		
ضریب استاندارد	ضریب تبیین اصلاح شده	سطح معنی داری
Standard coefficients (β)	Coefficient of determination (R^2)	Significance level (%)
-0.342	11.7	1

در نتیجه در حوزه‌ی آبخیز مزایجان عامل درصد شن (X_{12})

$$Y = -503.894 - 604.646X_5 - 30.764X_{12} \quad (4)$$

در گروه اول آبکندها در حوزه‌ی آبخیز مزایجان، با توجه به ضرایب استاندارد مندرج در جدول ۳ و معادله‌ی خطی شماره‌ی ۳ مشخص می‌گردد مساحت آبخیز گسترش آبکندها تابع متغیر درصد شیب پیشانی (X_1) است. به طوری که به ازاء هر واحد درصد شیب پیشانی (X_1) مقدار ۰/۳۸۷ واحد از مقدار مساحت آبخیز گسترش آبکندها (Y_2) کم می‌شود. در گروه دوم آبکندها در حوزه‌ی آبخیز مزایجان، با توجه به ضرایب استاندارد مندرج در جدول ۳ و معادله خطی شماره‌ی ۴ مشخص می‌گردد مساحت آبخیز گسترش آبکندها تابع دو متغیر درصد لاشبرگ سطحی (X_3) و درصد شن (X_{12}) است. به طوری که به ازاء هر واحد درصد لاشبرگ سطحی (X_3) و درصد شن (X_{12}) به ترتیب مقدار ۱/۰۹۷ و ۰/۴۹۶ واحد از مساحت آبخیز گسترش آبکندها (Y_2) کم می‌شود.

جدول ۳- ضرایب نهایی رگرسیون گام به گام در حوزه‌ی آبخیز مزایجان

Table 3. Final stepwise regression coefficient in Mazayjan watershed

شماره‌ی گروه	سطح معنی داری	ضریب تبیین اصلاح شده	ضرایب استاندارد
Group number	Significance level (%)	Coefficient of determination (R^2)	Standard coefficients
1	1	15	-0.387
2	1	89.8	-0.1097 -0.496

در نتیجه در گروه اول آبکندها در این حوزه‌ی آبخیز، عامل درصد شیب پیشانی (X_1) مهم‌ترین نقش را در کاهش مساحت آبخیز گسترش آبکندها دارد. این عامل با ضریب تبیین اصلاح‌شده‌ی ۱۵ درصد در سطح ۱ درصد تأثیری معنی‌دار بر مساحت آبخیز گسترش آبکندها دارد. در گروه دوم آبکندها نیز عوامل درصد لاشبرگ سطحی (X_3) و درصد شن (X_{12}) به ترتیب مهم‌ترین نقش را در کاهش مساحت آبخیز گسترش آبکندها دارند. این عوامل با ضریب تبیین اصلاح‌شده‌ی ۸۹/۸ درصد در سطح ۱ درصد تأثیری معنی‌دار بر مساحت آبخیز گسترش آبکندها دارد.

تعیین عوامل مؤثر بر حجم آبکندها (Y_3)

الف- تحلیل عاملی

با در نظر گرفتن متغیرهای مربوط به حجم آبکندها (Y_3) و انجام تحلیل عاملی با چرخش واریماکس، با توجه به در نظر گرفتن ۵ متغیر اول، ۷۸ درصد تغییرات مربوط به کلیه‌ی متغیرها تبیین می‌شود. با توجه به ضرایب متغیرها در می‌یابیم که متغیرهای X_3 , X_4 , X_7 , X_8 و X_{12} بیش‌ترین تأثیر را در بین متغیرها دارند.

مهم‌ترین نقش را در کاهش حجم آبکندها دارد. این عامل با ضریب تبیین اصلاح شده‌ی ۱۱/۷ درصد در سطح ۱ درصد تأثیری معنی‌دار بر حجم آبکندها دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به مقدار متوسط هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع (۵/۳۴ دسی‌زیمنس بر متر) مشخص گردید، که خاک‌های این منطقه در گروه خاک‌های شور قرار دارند. درصد کم پوشش گیاهی در این منطقه (۹/۸ درصد) نشان‌دهنده‌ی وضعیت فقیر مرتع و استعداد تبدیل باران به رواناب سطحی است. همچنین درصد کم ماده‌ی آلی (۰/۴۸) و درصد شن (۳۴/۵۷) و سیلت (۴۲/۴۲) بالای این خاک‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که این منطقه در محدوده‌ی خاک‌های حساس به فرسایش قرار دارد و مستعد ایجاد و گسترش انواع فرسایش‌های آبی (به ویژه فرسایش آبکندی)، و به تبع آن، تولید رسوب فراوان است. با توجه به مقدار متوسط رس در این منطقه (۲۲/۹۹ درصد)، و محدوده‌ی اعلام شده توسط ایوانس^۱ [۵] برای تعیین خاک‌های فرسایش‌پذیر (بین ۹ تا ۳۰ درصد رس)، خاک‌های این مناطق دقیقاً در گروه خاک‌های فرسایش‌پذیر قرار دارند. براساس میزان متوسط درصد پوشش گیاهی (۹/۸ درصد)، لاشبرگ سطحی (۲/۲۲ درصد)، سنگریزه‌ی سطحی (۱/۰۲ درصد) و خاک لخت (۸۷/۳۲ درصد) حوزه‌ی آبخیز مورد مطالعه دارای وضعیت خیلی فقیر می‌باشد. وجود عامل سیلت، به‌عنوان اثر تشدید در هدر رفت خاک و ایجاد و گسترش خندق‌ها به‌دلیل ساختار ساختمانی حساس و عدم دانه‌بندی سیلت و حساسیت بالای خاک‌های دارای سیلت است که سبب پراکندگی و تشدید فرسایش و به تبع آن پراکندگی و فرسایش خاک می‌گردد. این نتایج نیز نشان‌گر اراضی حساس و فرسایش‌پذیر و ساختار ناپایدار اراضی منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد. پارامتر شن، سبب نفوذ سریع‌تر آب به لایه‌های زیرین شده و مقدار هدررفت خاک و رواناب را کاهش می‌دهد. این عامل خود اثری کاهش‌دهنده در ایجاد، گسترش و تولید رسوب دارد که در معادلات نیز به وضوح خود را نشان داده است. همچنین افزایش درصد سیلت باعث تسریع فرسایش آبکندی شده است. اثرگذاری پارامتر هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع نیز روند ایجاد، گسترش و تولید رسوب آبکندها را تسریع می‌کند. افزایش نسبی ماده‌ی آلی خاک سبب افزایش مقاومت و کاهش پیدایش و گسترش آبکندی می‌گردد؛ اما این اثر به دلیل پایین بودن مقدار ماده‌ی آلی خاک در منطقه‌ی مورد مطالعه (۰/۴۸) در این پژوهش به‌ندرت مشاهده گردید؛ زیرا کمبود مواد آلی خاک، پایداری ساختمان خاک را کاهش داده و تمایل به سخت شدن، افزایش رواناب و نهایتاً افزایش فرسایش آبکندی را باعث می‌گردد. بر اساس این یافته‌ها می‌توان بیان کرد که پژوهش حاضر، با پژوهش‌های صورت گرفته توسط رستمی‌زاد و همکاران [۱۸]، سلیمان‌پور و همکاران [۱۹]، یثربی و همکاران [۲۷] و زمان‌زاده و همکاران [۲۸]

1. Evans

هم‌خوانی دارد. همچنین با نتایج سایر پژوهشگران از جمله احمدی و همکاران [۱]، نظری سامانی و همکاران [۱۲]، نیک‌پور و همکاران [۱۳]، سلیمان‌پور و همکاران [۲۰] و سلیمان‌پور و کاظمی‌کازم‌آبادی [۲۱] مطابقت دارد و در یک راستا می‌باشد.

تشکر و قدردانی

این اثر برگرفته از بخشی از نتایج رساله‌ی دکتری تخصصی در رشته‌ی بیابان‌زدایی، گروه مهندسی منابع طبیعی دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان می‌باشد. به این منظور، نویسندگان این مقاله، از حمایت‌های آن دانشگاه و همکاری‌های صمیمانه و مؤثر مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، نهایت تشکر و قدردانی خود را اعلام می‌دارند.

منابع

1. Ahmadi, H. Mohammadi, AA. Ghodousi, J. and Salajegheh, A. 2009. Investigation of effective factors and proposed model for define potential gully head advancement (study area: Hableh Roud drainage basin). Journal of Territory. 5(18): 1-13. (In Persian)
2. Arabameri, A. Pradhan, B. and Rezaei, K. 2019. Gully erosion zonation mapping using integrated geographically weighted regression with certainty factor and random forest models in GIS. Journal of Environmental Management. 232(15): 928- 942.
3. Avni, Y. 2005. Gully incision as a key factor in desertification in an arid environment, The Negev highlands, Israel. Catena. 63: 185-220.
4. Brice, JB. 1966. Erosion and deposition in the loess-mantled Great Plains, Medicine Creek drainage basin, Nebraska, U.S.A. Geological Survey Professional Paper. 352H: 235-339.
5. Evans, R. 1980. Mechanics of water erosion and their spatial and temporal controls: an empirical view point. In: Kirkby, M.J. and R.P.C. Morgan (eds.) Soil erosion. Chichester, Wiley publication.
6. Herzig, A. Dymond, JR. and Marden, M. 2011. A gully complex model for assessing gully stabilization strategies. Geomorph. 133: 23-33.
7. Hoseini, S. and Gorbani, M. 2005. Economics of Soil Erosion, Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad. (In Persian)
8. Hudson, NW. 1985. Soil Conservation.
9. Imeson, HA. Sharpe, CFS. and Eargle, DH. 1980.

- AA. and Ghodousi, J. 2015. Determine affecting factors on gully head advancement and forecasts its development. *Res. Geomorph.* 4(1): 58- 46. (In Persian)
19. Soleimanpoor, SM. Hedayati. B. Soufi, M. Roustaa, MJ. and Shadfar, S. 2019. Determining the threshold of the most effective factors on increasing the length of gullies using data-mining algorithms and CART Decision Tree (Case study: Ghazian Watershed in Fars Province). *Journal of Range and Watershed Management.* 72(2): 409-426. (In Persian)
20. Soleimanpour, SM. Hedayati, B. Soufi, M. and Ahmadi. H. 2015. Determination of Threshold of Effective Factors on Length Expansion of Gullies Using Data Mining Techniques in Mahourmilati Region, Fars Province Iran. *Journal of Watershed Management Science and Engineering.* 29: 47-56. (In Persian)
21. Soleimanpour, S.M. and Kazemi Kazemabady, N. 2021. Determining the dominant factors affecting the length of permanent gullies using stepwise multivariate regression in southern Iran. *Arabian Journal of Geosciences.* 14(352): 1-10.
22. Soufi, M. 2005. Gully erosion in Fars province. Proceeding of the first nationwide conference in watershed management and soil and water resources management. (In Persian)
23. Soufi, M. 2004. Investigation of morphoclimatic characteristics of gully in Fars province. Final report of the research project, Institute of Soil Conservation and Watershed Management, Tehran, I.R. Iran, 130 pp. (In Persian)
24. Valentin, C. Poesen, J. and Li, Y. 2005. Gully erosion: impacts, factors and control. *Catena.* 63: 132–153.
25. Watson, C. Raphelt, N. Combs, P. and Abt, S. 2002. Comparison of Ars-Type grade control model testing and prototype response, *Hydrology Engineering ASCE*, 1257 pp.
26. Williams, B. Brown, T. and Onsmann, A. 2010. Exploratory factor analysis: A five-step guide for novices. *Australasian Journal of Para medicine.* 8(3): 1-13.
27. Yasrebi, B. Soufi, M. Mirnia, SKh. and Mohamadi, J. 2013. Assessment the impact of topographic and Principles of gully erosion in the Piedmont of South Carolina. *USDA Technological Bulletin* 633.142 pp.
10. Shahbazi, KH. Salagegheh, A. Jaafari, M and Khosroshahi, M. 2019. Comparing the topographic thresholds of gully erosion in the agriculture, fair and weak rangelands in the Ghasreshirin, Iran. *Journal of Range and Watershed Management.* 72(1): 123-138. (In Persian)
11. Li, Zh. Zhang, Y. Zhu, Q. Yang, S. Li, H. and Ma, H. 2017. A gully erosion assessment model for the Chinese Loess Plateau based on changes in gully length and area. *Catena.* 148(2): 195-203.
12. Nazari samani A. Tavakoli, F. Ahmadi, H. and Rahi, G. 2014. Determining of Effective Factors on Gully Longitudinal Advancement (Case study: Dareh Koreh Watershed). *Journal of Range and Watershed Management.* 67(1): 117-126. (In Persian)
13. Nikpoor, N. Fotohi, S. Negaresh, H. and Sistani, M. 2017. Morphometric of gully erosion (ditch) and factors affecting the development of the basin plains on southern West Ilam Cham Fazel. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazard.* 4(1): 97-112. (In Persian)
14. Nwankwo, C. and Nwankwoala. HO. 2018. Gully Erosion Susceptibility Mapping in Ikwuano Local Government Area of Abia State, Nigeria Using GIS Techniques. *Earth Sciences Malaysia.* 2(1): 8-15.
15. Poesen, J. Vandekerckhove, L. Nachtergaele, J. Oostwoud Wijdenes, D. Verstraeten, G. and Wesemael, B. 2002. Gully erosion in dryland environments. In: Bull, L.J., Kirkby, M.J. (Eds.), *Dryland Rivers: Hydrology and Geomorphology of Semi-Arid Channels.* Wiley, Chichester, U.K. 229- 262.
16. Poesen, J. Nachtergaele, J. Verstraeten, G. and Valentin, C. 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena.* 50: 91-133.
17. Pulice, I. Cappadonia, C. Scarciglia, F. Robustelli, G. Conoscenti, C. De Rose, R. Rotigliano, E. and Agnesi, V. 2012. Geomorphological, chemical and physical study of calanchi landforms in NW Sicily (southern Italy). *Geomorphology.* 153–154: 219–231.
18. Rostamizad, Gh. Salajegheh, A. Nazari Samani,

soil characteristics on bank gullies advancement in croplands, case study: Ilam province. Journal of Watershed Engineering and Management. 5(1): 31-40. (In Persian)

28. Zamanzadeh, SM. And Ahmadi. M. 2013. The effect of soil physical and chemical properties on the formation and expansion of gully erosion (case study: Dashtekahoor region, Lamerd). Journal of Quantitative Geomorphological Researches. 2(2): 135-156. (In Persian)

Determining Effective Factors on Gullies Development in Mazayjan Watershed, Fars Province, Using Multivariate Statistical Methods

M. Hedayatfard¹, H. Gholami², S.M. Soleimanpour³ and A. Holisaz⁴

Received: 13-06-2020

Accepted: 16-08-2020

Abstract

Gully erosion is one of the causes of land degradation, which causes a lot of damage with the loss of fertile soil. For this purpose, in the present study, using the Cochran relation, 40 gullies were selected for measurement in the Mazayjan watershed located in the southeast of Fars province. Factor analysis method was used to determine the factors affecting the classification of samples. Backward multivariate regression was used to determine the most effective factors in the formation, expansion and production of gutter sediment. The results showed that the creation area of the gullies is a function of the variables of bare soil, organic matter and sand. So that with each percentage increase of bare soil, the amount of 0.379 is added to the creation area of the watershed and at the rate of each unit, the percentage of soil organic matter and the percentage of sand are 0.349 and 0.363 units of the creation area are reduced respectively. Also, in determining the factors affecting the volume of gullies, the percentage of sand was the most important factor was reducing the volume of gullies. Therefore, in order to prevent the development of gullies and reduce the production of sediment, more attention should be paid to erosion control in the headcut's gullies. It helped reduce gully erosion by increasing roughness and reducing runoff.

Keywords: *Expansion, Factor analysis, Fars province, Gully erosion, Mazayjan watershed, Volume*

1. Ph.D Candidate of Desert Management, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Hormozgan, BandarAbbas, Iran.

2. Associate Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Hormozgan, BandarAbbas, Iran. Email: hgholami@hormozgan.ac.ir

3. Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran.

4. Assistant Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Hormozgan, BandarAbbas, Iran.