



وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری



## نشریه فنی

**تعیین عوامل مؤثر بر حجم خاک هدر  
رفته ناشی از فرسایش آبکندی  
در حوزه آبخیز قاضیان استان فارس**

شماره ثبت: ۶۰۵۷۸

زمستان ۱۴۰۰

وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

نشریه فنی

تعیین عوامل مؤثر بر حجم خاک هدر رفته ناشی از فرسایش آبکندی  
در حوزه آبخیز قاضیان استان فارس

نویسندگان:

سید مسعود سلیمان پور، مجید صوفی، محمد جواد روستا، صمد شادفر

شماره ثبت: ۶۰۵۷۸

وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

---

عنوان اثر: تعیین عوامل مؤثر بر حجم خاک هدر رفته ناشی از فرسایش آبکندی در حوزه  
آبخیز قاضیان استان فارس

نام و نام خانوادگی نویسندگان: سید مسعود سلیمان پور، مجید صوفی، محمدجواد روستا،  
صمد شادفر

ویراستار: امیر سررشته‌داری

صفحه‌آرایی و طراحی جلد: اکبر حسینی‌رشید

ناشر: پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

شمارگان: ۱۰۰ نسخه

تاریخ انتشار: ۱۴۰۰

این اثر در مورخه ۱۴۰۰/۸/۲۲ با شماره فروست ۶۰۵۷۸ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی  
کشاورزی به ثبت رسیده است. حق چاپ محفوظ است. نقل مطلب، تصاویر، جداول، منحنیها  
و نمودارها با ذکر ماخذ بالمانع است

## فهرست مطالب

---

۱	چکیده
۲	مقدمه
۴	اهمیت و ضرورت تحقیق
۴	پیشینه‌ی تحقیق
۸	معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه
۹	روش تحقیق
۱۲	نتایج
۱۸	نتیجه‌گیری
۱۹	پیشنهادها
۱۹	سپاسگزاری
۲۰	منابع
۲۴	Abstract

## فهرست شکل‌ها

---

- شکل ۱- فرسایش آبکندی در حوزه‌ی آبخیز قاضیان استان فارس ..... ۳
- شکل ۲- موقعیت جغرافیایی حوزه‌ی آبخیز قاضیان استان فارس ..... ۹
- شکل ۳- اندازه‌گیری عرض بالا و عمق آبکند در حوزه‌ی آبخیز قاضیان استان فارس ..... ۱۰
- شکل ۴- نمایی شماتیک از محدوده‌ی آبخیز در هر آبکند ..... ۱۱
- شکل ۵- نمودار بارگذاری شده‌ی آبکندهای حوزه‌ی آبخیز قاضیان استان فارس با چرخش  
واریماکس ..... ۱۴
- شکل ۶- نمودار امتیازات آبکندهای حوزه‌ی آبخیز قاضیان استان فارس با چرخش واریماکس ..... ۱۵

## فهرست جدول‌ها

---

- جدول ۱- نتایج شاخص‌های آماری متغیرهای مورد بررسی در حوزه‌ی آبخیز قاضیان استان فارس  
۱۴.....
- جدول ۲- مقادیر ویژه، واریانس و ضرایب متغیرها پس از چرخش واریماکس ..... ۱۵
- جدول ۳- رابطه‌ی متغیر وابسته با متغیرهای مستقل ..... ۱۶
- جدول ۴- ضرایب و معادله‌ی نهایی رگرسیون پس‌رونده در حوزه‌ی آبخیز قاضیان استان فارس ۱۷

## چکیده

فرسایش خاک به وسیله ی آب، یکی از عوامل مهم تخریب اراضی و فرسایش آبکندی یکی از مهمترین انواع فرسایش آبی است که باعث هدررفت خاک می شود. از آنجایی که تعیین عوامل مؤثر بر حجم خاک هدررفته به وسیله ی فرسایش آبکندی به منظور ارائه ی روش های مناسب حفاظت خاک در مدیریت اراضی ضروری است؛ این پژوهش اقدام به این مهم در حوزه ی آبخیز قاضیان واقع در شمال استان فارس کرده است. به منظور اندازه گیری های صحرائی، تعداد ۳۰ آبکند به طور تصادفی انتخاب و اندازه گیری پارامترهای ابعادی آبکندها شامل: طول، عرض بالا، عرض پایین، و عمق آبکند انجام شد. مساحت آبخیز و شیب در نقطه ی ایجاد و پیشانی آبکندها، درصد سنگریزه، خاک لخت، پوشش گیاهی، لاشبرگ، نفوذپذیری، و ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه گیری شد و به منظور تعیین مؤثرترین عوامل، اقدام به تهیه ی رگرسیون چند متغیره ی پس رونده، به وسیله نرم افزار SPSS شد. نتایج نشان داد حجم و وزن خاک فرسایش یافته ی ناشی از فرسایش آبکندی در آبکندهای منتخب به ترتیب ۱۰۸۵۹/۶۶ متر مکعب، و ۱۴۲۲۵/۶۴ تن است. همچنین عوامل شیب پیشانی آبکندها و درصد خاک لخت، مساحت آبخیز ایجاد، و هدایت الکتریکی عصاره ی اشباع، مهمترین مهمترین نقش را در افزایش حجم آبکندها دارند و عامل درصد پوشش گیاهی، نقش کاهنده و کنترلی در این خصوص ایفا می کند. پیشنهاد می شود با استقرار پوشش گیاهی، به کاهش سطوح لخت و فاقد پوشش و افزایش ضریب زبری اقدام شود.

**واژه های کلیدی:** آبکند، حجم، عوامل مؤثر، فرسایش، قاضیان

## مقدمه

فرسایش خاک، صرف‌نظر از انواع شکلی آن، پدیده‌ای است که دیرینه‌ای به قدمت پیدایش خشکی‌ها در کره‌ی زمین دارد. پیامدهای فرسایش خاک به‌وسیله برخی از پژوهشگران به‌حدی خطرناک قلمداد شده است که شکوفایی و نابودی تمدن‌های پیشین را به این پدیده نسبت داده‌اند (Lowdermilk, ۱۹۵۳). امروزه نیز عقیده بر این است که فرسایش خاک، به‌دلیل تخریب منابع زیست محیطی، یکی از مسائل مهم و بازدارنده در تحقق توسعه‌ی اقتصادی، اجتماعی و دستیابی به امنیت غذایی در جهان می‌باشد (سلیمان‌پور، ۱۳۹۱). فرسایش خاک به‌وسیله آب، یکی از عوامل مهم تخریب اراضی است و یکی از مهمترین انواع فرسایش آبی، فرسایش آبکندی است. این نوع فرسایش به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان در مواردی که بهره‌برداری از منابع آب و خاک مبتنی بر اصول صحیح و متناسب با توان طبیعی و شرایط محیطی نباشد موجب تغییرات قابل ملاحظه در اراضی و پیامدهای زیان‌بار اقتصادی و اجتماعی می‌شود (De Luna و همکاران، ۲۰۰۰؛ Ezechi، ۲۰۰۰). این نوع فرسایش به‌عنوان یک فرایند بزرگ تخریب زمین شناخته شده است (Dotterweich و همکاران، ۲۰۱۲)؛ و در بسیاری از موارد به‌طور مستقیم با مدیریت ناپایدار زمین ارتباط دارد (Gómez و Castillo، ۲۰۱۶)؛ زیرا از مهمترین پدیده‌ها در حوزه‌های آبخیز است و باعث هدررفت خاک و افزایش رواناب می‌شود (Gómez-Gutiérrez و همکاران، ۲۰۱۸). فرسایش آبکندی اغلب در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان که بهره‌برداری از منابع آب و خاک مبتنی بر اصول صحیح نباشد موجب تغییرات قابل ملاحظه‌ای (Poesen و همکاران، ۲۰۰۳)، مانند تشکیل گل و لای در کانال‌های آبرسانی، آب‌گذر جاده‌ها، و سدها (شهریور و همکاران، ۱۳۹۶)، و به‌تبع آن، هدررفت خاک، تولید رسوب، و افزایش رواناب



می‌شود. به همین دلایل، بسیاری از محققان، فرسایش آبکندی را از مهمترین پدیده‌ها در حوزه-های آبخیز می‌دانند (Gómez-Gutiérrez و همکاران، ۲۰۱۸).

احمدی (۱۳۹۱) در تعریف آبکند، مکان به وجود آمدن آن را مد نظر می‌گیرد و بر این عقیده است که این نوع فرسایش در روی شیب‌های حداکثر تا ۱۵ درصد و در دشت‌ها و دشت-سرها و کمتر در روی دامنه‌ها ایجاد شود می‌شود. صوفی (۱۳۸۳)، آبکند دائم را کانالی به عمق ۰/۵ تا سه متر معرفی می‌کند که به وسیله‌ی ادوات معمول از بین نرود (شکل ۱)، و آبکند موقت را با عمق کمتر از ۰/۵ متر می‌داند که با ادوات معمول شخم قابل حذف است. آبکندها اشکال مختلفی دارند اما بیشتر در آبراهه‌های دائمی متمرکز هستند (Tebebu و همکاران، ۲۰۱۰) و می‌توانند بیش از ۹۰ درصد رسوب حوزه‌های آبخیز را تشکیل دهند (Poesen و همکاران، ۲۰۰۳). آبکندها به مسیرهای حمل و نقل، و سازه‌ها آسیب جدی وارد می‌کنند (Simon و همکاران، ۲۰۱۱) و می‌توانند سبب ایجاد رسوب در آبراهه‌ها، جاده‌ها، سدها، و آبگیرها شوند (شهریور و همکاران، ۱۳۹۶).

فرسایش آبکندی با تولید ۱۰ تا ۹۴ درصد رسوب، در حوزه‌های آبخیز اهمیت بسیار زیادی در پژوهش‌های اخیر پیدا کرده، برای مخازن سدهای احداث شده، هدررفت خاک حاصل خیز تولید شده، و رسوب‌گذاری رودخانه‌ها بسیار مهم است (Poesen، ۲۰۱۱؛ Poesen و همکاران، ۲۰۰۳)؛ به طوری که پژوهش‌های Kukal و Matharu (۲۰۰۲) نشان داد میزان رسوب تولیدی این نوع فرسایش ۱۴۷ درصد رسوب حاصل از فرسایش شیاری و بین شیاری است. Poesen و همکاران (۲۰۰۲) نیز اعلام داشتند مقدار فرسایش آبکندی در تخریب خاک در سطوح ۲/۶ تا ۱۰ هکتار، بین ۳۳ تا ۸۵ درصد است. بنابراین با ثابت بودن کلیه‌ی شرایط، با

افزایش سطح حوزه‌ی آبخیز، اثر فرسایش آبکندی افزایش می‌یابد. بنابراین در این نوع فرسایش، هدررفت خاک چندین برابر بیشتر از فرسایش سطحی و شیاری است که مهمترین پیامد آن تخریب اراضی کشاورزی زيردست آن‌ها می‌باشد (Watson و همکاران، ۲۰۰۲).



شکل ۱- فرسایش آبکندی در حوزه‌ی آبخیز قاضیان استان فارس

### اهمیت و ضرورت تحقیق

فرسایش آبکندی در مناطق مختلف ایران، از جمله استان فارس مشکلات فراوانی را در زیر بخش‌های مختلف کشاورزی، منابع طبیعی، و مسکونی ایجاد کرده است (سلیمان‌پور، ۱۳۹۱). به همین دلیل، ضرورت شناخت دقیق عوامل مؤثر بر گسترش این نوع فرسایش به شدت احساس می‌شود. از سوی دیگر، مدیریت و کنترل فرسایش آبکندی نیازمند شناخت دقیق عوامل مؤثر و برآورد خاک فرسایش یافته‌ی ناشی از این نوع فرسایش است. همچنین از آنجا که برآورد میزان حجم خاک فرسایش یافته به‌وسیله فرسایش آبکندی و تعیین عوامل مؤثر بر آن به‌منظور ارائه‌ی روش‌های مناسب حفاظت خاک در مدیریت اراضی ضروری است و مهمترین عامل برای اندازه‌گیری میزان فرسایش آبکندی، برآورد حجم خاک فرسایش یافته است (Alvaro و همکاران، ۲۰۱۴)؛ این پژوهش اقدام به برآورد حجم خاک فرسایش یافته‌ی ناشی از این نوع

فرسایش و تعیین عوامل مؤثر بر آن در حوزه‌ی آبخیز قاضیان واقع در شمال استان فارس کرده است. امید است نتایج این پژوهش بتواند نسبت به شناخت دقیق‌تر عوامل مؤثر، ارائه‌ی راهکارهای کنترل، و توجه بیشتر به منابع آب و خاک، کمک شایانی کند.

### پیشینه‌ی تحقیق

اولین پژوهش در مورد اندازه‌گیری فرسایش آبکندی به بازدید لیل از ایالات متحده‌ی آمریکا در سال ۱۸۴۶ مربوط می‌شود (Ireland, ۱۹۳۹). از آن تاریخ به بعد، ایشان چندین بار در سال‌های ۱۹۰۲، ۱۹۲۲، ۱۹۳۷ و ۱۹۸۷ مطالبی را ارائه کردند (Kennedy, ۲۰۰۱). Rubey (۱۹۲۸) و Ireland (۱۹۳۹) نیز جزء یکی از اولین محققانی بودند که نتایج پژوهش‌های خود را به‌طور رسمی منتشر کردند. از آغاز قرن بیستم نیز تعداد زیادی مطلب در مورد فرسایش آبکندی به چاپ رسیده است که بیشتر این مطالب، در خصوص مراحل، فرایندها، و تعیین اثرات مضر این نوع فرسایش بوده است (Poesen, ۲۰۱۱). خوشبختانه امروزه فرسایش آبکندی به-عنوان زمینه‌ای از علاقه‌مندی در میان جامعه‌ی پژوهشی تبدیل شده است؛ اما هنوز سئوال‌ات و ابهامات زیادی در خصوص ایجاد، گسترش و مهار این نوع فرسایش وجود دارد که باید مورد توجه قرار گیرند (Gómez و Castillo, ۲۰۱۶).

سلیمان‌پور و همکاران (۱۳۸۶) اقدام به تعیین عوامل مؤثر بر تولید رسوب و خاک از دست‌رفته در منطقه‌ی گوراسپید استان فارس کردند. نتایج نشان داد رسوب تولیدی ناشی از گسترش آبکندها در این منطقه تابع پنج متغیر درصد شیب، مساحت حوزه‌ی آبخیز، درصد شن، هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع و پوشش گیاهی می‌باشد. سلیمان‌پور و همکاران (۱۳۸۹)

در پژوهشی به بررسی عوامل مؤثر بر رسوب‌زایی و گسترش آبکندها در منطقه نیریز استان فارس اقدام کردند. نتایج ایشان نشان داد سه متغیر؛ مساحت آبخیز، درصد سیلت و شن، مهمترین عوامل تأثیرگذار در تولید رسوب و گسترش آبکندها در این منطقه می‌باشند. زمان‌زاده و احمدی (۱۳۹۲) با بررسی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در شکل‌گیری و گسترش در منطقه‌ی دشت کهور لامرد فارس به این نتیجه دست یافته‌اند که رسوب تولیدی ناشی از گسترش آبکندها تابع متغیرهای مساحت آبخیز، درصد سیلت و ماسه در آبخیز بالای پیشانی آبکندها بوده است. این نتایج بیانگر تأثیر ویژگی حوزه‌ی آبخیز و سازند زمین‌شناسی در تولید رسوب ناشی از فرسایش آبکندی است. یثربی و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی تأثیر ویژگی‌های توپوگرافی و خاک بر گسترش آبکندها در استان ایلام پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد با افزایش میزان شیب بالادست، بر ارتفاع بالا کند افزوده می‌شود و در نتیجه آبکندهایی با حجم بالاتر تشکیل می‌شوند. همچنین یوسفوند و همکاران (۱۳۹۲) بیان داشتند درصد سیلت رابطه‌ی مثبت، و درصد شن رابطه‌ی منفی با حجم رسوب ناشی از فرسایش آبکندی در حوزه‌ی آبخیز سیف‌آباد لرستان دارد. میرزایی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی در مناطق خشک و نیمه-خشک استان ایلام نشان دادند عوامل شن سطحی، عمق آبکند، و مساحت حوزه‌ی آبخیز، از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر فرسایش آبکندی هستند. ویسی‌سرطایره و اسفندیاری‌درآبادی (۱۳۹۴) در پژوهشی در شهرستان ثلاث باباجانی، عامل شیب را به‌عنوان مهمترین عامل در شکل‌گیری و گسترش فرسایش آبکندی معرفی کردند کردند و اصلاح کاربری اراضی و مدیریت پوشش گیاهی و جلوگیری از قطع درختان را به‌عنوان راهکارهای کنترلی، توصیه کردند. همچنین شادفر (۱۳۹۵) در پژوهشی اعلام کرد عوامل شیب، فاصله از آبراهه، سنگ‌شناسی، و

کاربری مرتع، بیشترین تأثیر را در رخداد فرسایش آبکندی در حوزه‌ی آبخیز طرود شهرستان فیروزکوه دارد. هدایت‌فرد و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره به بررسی تعیین عوامل اثرگذار بر توسعه‌ی آبکندها در حوزه‌ی آبخیز مزایجان استان فارس اقدام کردند. یافته‌های ایشان نشان داد مساحت آبخیز ایجاد آبکندها تابع متغیره‌های درصد خاک لخت، ماده‌ی آلی و شن است.

Ehiorobo و همکاران (۲۰۱۱) برای تعیین هدررفت خاک در اثر فرسایش آبکندی در نیجریه به این نتیجه دست یافتند که رابطه‌ی معنی‌داری بین حجم آبکندها با طول، سطح و همچنین عمق و عرض آبکندها برقرار است. Essein (۲۰۱۳) به مطالعه‌ی تأثیر خصوصیات خاک‌های فاقد ساختمان، بر رشد آبکندها پرداخت و به این نتیجه رسید که میزان زیاد کاتیون-های کلسیم و منیزیم در خاک، باعث کاهش فرسایش‌پذیری خاک می‌شود. همچنین وجود خاک لخت، سبب تعمیق و تعریض آبکندها، و به دنبال آن فرسایش‌پذیری خاک می‌شود. Conoscenti و همکاران (۲۰۱۴) به‌منظور تهیه‌ی نقشه‌ی حساسیت فرسایش آبکندی در منطقه-ی سیسیلی<sup>۱</sup> ایتالیا، از مدل رگرسیون لجستیک و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی استفاده کردند. نتایج نشان داد اعتبارسنجی مدل‌های یک متغیره می‌تواند به‌عنوان ابزاری مناسب برای تعیین عوامل مؤثر در وقوع فرسایش آبکندی مورد استفاده قرار گیرد. پژوهش‌های Shit و همکاران (۲۰۱۵) در غرب بنگال هند نیز نشان داد عوامل شیب زمین، کاربری اراضی (زمین‌های بایر و رها شده)، رطوبت، ذرات سنگریزه و ماسه‌سنگ، و وجود آبرفت‌های قدیمی نقش مهمی در فرایند آبکندی شدن ایفا می‌کنند. Afegbua و همکاران (۲۰۱۶) نیز اعلام داشت علل طبیعی

---

1- Sicily

در مقابل علل انسانی تأثیر بیشتری در ایجاد و گسترش آبکندها در منطقه‌ی اوجی<sup>۱</sup> نیجریه دارد. Xu و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی در اراضی لسی چین اعلام کردند، ایجاد آبکند در مناطق حساس، به‌ویژه در حاشیه‌ی رودخانه‌ها باعث افزایش تولید رسوب و حتی خروج رسوبات تولید شده به‌وسیله سایر انواع فرسایش می‌شود که مشکلاتی را برای سدهای مخزنی به‌دنبال خواهد داشت. Li و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی بر روی آبکندهای واقع در لس‌های فلات چین، به این نتیجه دست یافت که حجم آبکندها به‌طور معنی‌داری با طول آبکندها رابطه‌ی مستقیم دارد. Rahmati و همکاران (۲۰۱۷) عواملی مانند بافت خاک، تراکم زهکشی، و سنگ-شناسی را از مهمترین عوامل در ایجاد فرسایش آبکندی در حوزه‌ی آبخیز کشکان پل‌دختر معرفی کردند. Choubin و همکاران (۲۰۱۸) نیز با بررسی ۶۵ آبکند در حوزه‌ی آبخیز آبخیز کاشان- پل‌دختر نشان دادند عوامل بافت خاک، تراکم زهکشی، و سنگ‌شناسی، مهمترین متغیرهای مؤثر در گسترش این نوع فرسایش است. Igwe و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی مروری، به بررسی راه‌های کنترل فرسایش آبکندی در نقاط مختلف دنیا پرداختند. ایشان کاشت و استفاده از پوشش گیاهی، به‌ویژه کاشت ترکیبی درختان و بوته‌ها، را به عنوان مهمترین اثرگذارترین راهکار کنترل این فرسایش معرفی کردند. Nwankwoala و Nwankwo (۲۰۱۸) در پژوهشی به بررسی وضعیت فرسایش آبکندی در ایالت آبی نیجریه پرداختند. ایشان علل اصلی ایجاد فرسایش آبکندی در این منطقه را وجود معدن شن، فعالیت‌های کشاورزی نادرست، سیستم‌های زهکشی ضعیف و نامناسب، و جاده سازی و ساخت و سازهای غیر اصولی اعلام می‌کنند. Soleimanpour و Kazemi Kazemabady (۲۰۲۱) در پژوهشی نسبت به تعیین عوامل مؤثر بر طول خندق‌های دائمی با استفاده از رگرسیون گام به گام چند متغیره در جنوب ایران اقدام

کردند. نتایج ایشان نشان داد مساحت آبخیز ایجاد و گسترش و خاک لخت، مهمترین نقش را در افزایش طول خندق‌ها داشته‌اند.

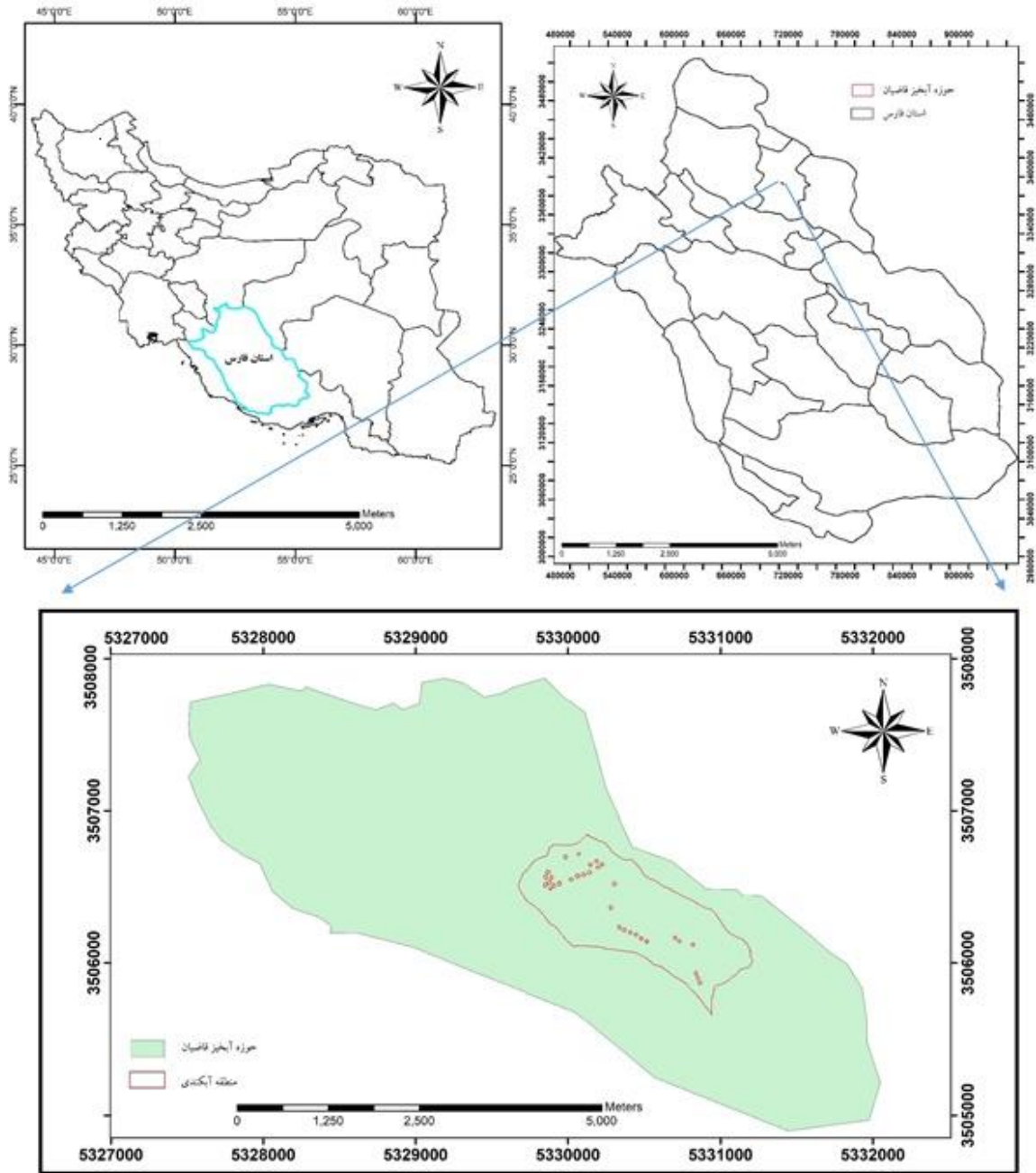
با عنایت به پژوهش‌های انجام شده در خصوص فرسایش آبکندی و در جمع‌بندی آن‌ها می‌توان بیان داشت: آنچه به‌وسیله بیشتر قریب به اتفاق پژوهشگران فرسایش خاک درباره‌ی فرسایش آبکندی مهم قلمداد شده است پیچیده بودن چگونگی شکل‌گیری، رشد و گسترش، و کنترل آبکندها در شرایط مختلف محیطی و اقدام‌های متفاوت انسان در بهره‌برداری از منابع آب و خاک است؛ به‌طوری‌که این نوع فرسایش را نمی‌توان محدود به نوع معینی از سازندهای زمین‌شناسی، وضعیت توپوگرافی، خصوصیات خاک، استفاده از اراضی، شرایط اقلیمی، و ویژگی‌های آب و هوایی کرد (Bobrovitskaya, ۲۰۰۰)؛ به‌همین دلیل در نتایج تحقیقاتی منتشر شده نظرات متفاوتی درباره‌ی شکل‌گیری و رشد و گسترش و کنترل آبکندها برحسب خصوصیات مناطق مختلف ارائه شده است که در برخی موارد نیز در تضاد با یکدیگر هستند؛ ولی با جمع‌بندی نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام شده می‌توان استنباط کرد که در بسیاری از نقاط کره‌ی زمین ممکن است عوامل مؤثر در رخداد فرسایش آبکندی تا حدودی مشابه باشد؛ اما رشد و گسترش فرسایش آبکندی از ناحیه‌ای به ناحیه‌ی دیگر متفاوت بوده و تابع عوامل یکسان و مشترک نیست (سلیمان‌پور، ۱۳۹۱). همچنین ساز و کار پیچیده و اثرگذاری عوامل و پارامترهای مختلف بر شکل‌گیری و توسعه‌ی این فرسایش، شناخت دقیق عوامل مؤثر را با چالش روبرو کرده است؛ به‌طوری‌که تنوع میزان تأثیر عوامل مختلف از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر، و متفاوت بودن سهم عوامل شناسایی شده، در شکل‌گیری و گسترش آبکندها در پیروی از

شرایط محیطی ایجاب می‌کند که پژوهش‌های بیشتری برای شناسایی بهتر عوامل مؤثر در رخداد فرسایش آبکندی انجام شود.

### معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه

حوزه‌ی آبخیز قاضیان خرمبید، در شمال استان فارس و در محدوده‌ی جغرافیایی ۵۳ درجه و ۰۴ دقیقه و ۵۰ ثانیه تا ۵۳ درجه و ۱۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه‌ی شرقی، و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۵ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۳۰ درجه و ۳۰ دقیقه و ۰ ثانیه‌ی شمالی قرار دارد (شکل ۲). سازند زمین‌شناسی منطقه، آبرفت‌های دوره‌ی کواترنری است و تیپ غالب اراضی منطقه، تپه‌ماهور است. اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن اصلاح شده در رده‌ی اقلیم نیمه‌خشک سرد قرار می‌گیرد. مبه‌وسيله دمای سالانه معادل ۱۲/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد، و میزان مبه‌وسيله بارندگی طبق آمار ۳۱ ساله‌ی ایستگاه ده‌بید، برابر با ۲۳۹ میلی‌متر برآورد شده است. عمده کاربری اراضی منطقه در گذشته مرتع، و در حال حاضر زراعت دیم است (صوفی، ۱۳۸۳).





شکل ۲- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز قاضیان استان فارس

## روش تحقیق

به سبب وجود، و غالب بودن فرسایش آبکندی و ایجاد مشکل در زیر بخش‌های کشاورزی، حوزه آبخیز قاضیان برای انجام پژوهش انتخاب شد. سپس به منظور اندازه‌گیری‌های صحرائی،

تعداد صحیح و اصولی نمونه‌ها (آبکندها) طبق فرمول کوکران<sup>۱</sup> مشخص شد (در این حوزه‌ی آبخیز حدود ۵۰ آبکند اصلی و شاخص وجود دارد؛ با خطای ۱۰ درصد، تعداد ۳۰ آبکند انتخاب شد). روش انتخاب آن‌ها نیز به این طریق بود که آبکندهایی به‌طور تصادفی در صحرا انتخاب شدند؛ سپس اندازه‌گیری پارامترهای ابعادی آبکندها در صحرا (سال ۱۳۹۷) به وسیله متر نواری انجام شد. پارامترهای ابعادی اندازه‌گیری شده، شامل: طول آبکند، عرض بالا (شکل ۳)، عرض پایین، و عمق آبکند (شکل ۳) بود؛ که با مبنا قرار دادن پژوهش Casali و همکاران (۲۰۰۶)، در فواصل ۱۰ متری از سر هر آبکند اندازه‌گیری شد.



شکل ۳- اندازه‌گیری عرض بالا و عمق آبکند در حوزه‌ی آبخیز قاضیان استان فارس

حجم خاک از دست‌رفته‌ی ناشی از فرسایش آبکندی، طبق رابطه‌ی زیر (Tebebu و

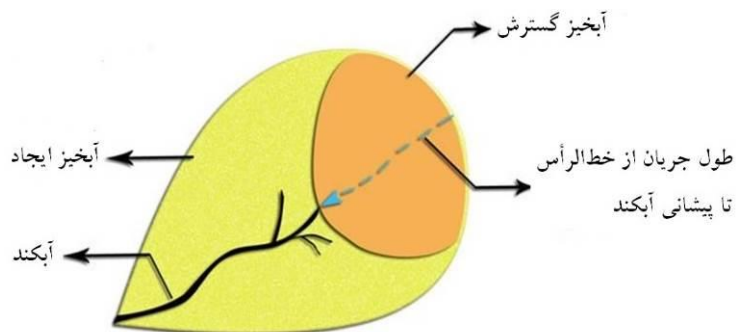
همکاران، ۲۰۱۰) محاسبه شد:

رابطه‌ی ۱:

$$V = \sum_{i=1}^n L \left[ \left( \left( \frac{W_1 + W_2}{2} \right) D \right) \right]$$

در این رابطه؛ V: حجم خاک از دست رفته ناشی از فرسایش آبکندی (متر مکعب)، L: طول آبکند (متر)، W1: عرض بالای آبکند (متر)، W2: عرض پایین آبکند (متر)، و D: عمق آبکند (متر) است.

اندازه‌گیری مساحت آبخیز و شیب در نقطه‌ی ایجاد و پیشانی آبکندها انجام شد. به این منظور، اقدام به ترسیم حوزه‌ی آبخیز واقع در خروجی و پیشانی هر آبکند شد و پس از برداشت میدانی و ثبت نقاط ارتفاعی (تقسیم آب) به وسیله دستگاه GPS (مدل ماژلان) در سال ۱۳۹۷ 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 ترسیم و مقادیر مساحت آن استخراج شد (شکل ۴). همچنین اندازه‌گیری شیب در نقطه‌ی ایجاد و پیشانی هر آبکند، با استفاده از شیب‌سنج سنتو انجام شد.



شکل ۴- نمایی شماتیک از محدوده‌ی آبخیز در هر آبکند

اندازه‌گیری درصد سنگ‌ریزه، خاک لخت، پوشش گیاهی، لاشبرگ در پیشانی، خروجی، و کناره‌های چپ و راست آبکندهای منتخب، با قرار دادن تصادفی دست‌کم ۱۰ پلات یک مترمربعی و تعیین میانگین آنها انجام شد و در ادامه، میزان نفوذپذیری در بالای پیشانی و

خروجی هر آبکند با استفاده از دستگاه نفوذسنج (دبل رینگ) اندازه‌گیری شد و نسبت به تعیین میانگین آن‌ها اقدام شد. اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، از نقاطی در خروجی، پیشانی، دیواره‌های چپ و راست هر آبکند انجام شد؛ به این صورت که نمونه‌ای مخلوط برداشت و کلیه‌ی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، در آزمایشگاه تخصصی فرسایش و رسوب اندازه‌گیری شد. شایان ذکر است ویژگی‌های شیمیایی خاک در برگیرنده‌ی هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع، اسیدیته‌ی خاک، درصد ماده‌ی آلی خاک، و نسبت جذبی سدیم، و ویژگی‌های فیزیکی خاک شامل بافت خاک (درصد رس، سیلت، و شن به روش هیدرومتری) بود. در عملیات صحرائی، علاوه بر موارد فوق، نسبت به اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری خاک نیز اقدام شد. به این صورت که از دیواره‌های چپ، راست، پیشانی، و خروجی هر آبکند نمونه‌های خاک به وسیله استوانه‌های فلزی استاندارد (کور) برداشت شد و پس از انتقال به آزمایشگاه، وزن مخصوص ظاهری محاسبه، و تعیین میانگین از آن‌ها برای هر آبکند انجام شد. در ادامه، وزن خاک فرسایش یافته‌ی ناشی از فرسایش آبکندی محاسبه شد. به این منظور مقدار حجم خاک از دست رفته (V)، در وزن مخصوص ظاهری خاک هر آبکند ضرب شد و پس از جمع مقادیر ۳۰ آبکند، وزن خاک فرسایش یافته‌ی ناشی از فرسایش آبکندی نیز محاسبه شد. در ادامه نسبت به تعیین عوامل مؤثر در تعیین گروه‌های همگن با استفاده از تحلیل عاملی اقدام شد. به طوری که به منظور تعیین عوامل تأثیرگذار بر طبقه‌بندی نمونه‌ها، با به‌کارگیری نرم‌افزار SAS (نسخه‌ی ۹/۱)، تحلیل عاملی انجام شد. در انتها، به منظور تعیین مؤثرترین عوامل اقدام به تهیه‌ی رگرسیون چند متغیره‌ی پس رونده، به کمک نرم‌افزار SPSS (نسخه‌ی ۱۶) شد. به این منظور،

مقدار حجم خاک از دست‌رفته به‌عنوان متغیر وابسته، و پارامترهای اندازه‌گیری شده‌ی فوق‌الذکر به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند.

## نتایج

بررسی و اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد مساحت حوزه‌ی آبخیز قاضیان  $6/211$  کیلومتر مربع و از این مقدار،  $0/308$  کیلومتر مربع آن ( $4/96$  درصد) تحت اشغال آبکندها است. کاربری فعلی اراضی به‌ترتیب شامل: زراعت دیم ( $2/85$  کیلومتر مربع)، مرتع ( $2/67$  کیلومتر مربع)، و زراعت آبی ( $0/69$  کیلومتر مربع) است؛ اما تمامی آبکندهای مورد مطالعه در کاربری زراعت دیم واقع شده‌اند و دارای پلان پنجه‌ای هستند.

نتایج اندازه‌گیری‌های مستقیم میدانی نشان داد آبکندهای منتخب واقع در حوزه‌ی آبخیز قاضیان استان فارس به‌طور مبه‌وسيله دارای عرض بالای  $2/26$  متر، عرض پایین  $1/42$  متر، عمق  $1/51$  متر، طول  $61/29$  متر، حجم خاک از دست‌رفته‌ی  $361/98$  متر مکعب، و وزن مخصوص ظاهری  $1/368$  گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد. با توجه به نتایج و اندازه‌گیری‌های فوق‌الذکر، مجموع حجم و وزن خاک فرسایش یافته‌ی ناشی از فرسایش آبکندی در آبکندهای منتخب واقع در حوزه‌ی آبخیز قاضیان استان فارس به‌ترتیب  $10859/66$  متر مکعب، و  $14225/64$  تن می‌باشد. بافت خاک بیشتر آبکندها لومی است و بعد از آن به ترتیب بافت‌های لومی‌رسی، لومی‌رسی‌شنی، و لومی‌شنی قرار دارند (سلیمان‌پور و همکاران، ۱۳۹۷).

به منظور تعیین عوامل مؤثرترین عوامل بر حجم خاک از دست رفته ناشی از فرسایش آبکندی، حجم آبکند به عنوان متغیر وابسته (Y)، و عوامل مساحت آبخیز ایجاد آبکند (X<sub>1</sub>)، مساحت آبخیز گسترش آبکند (X<sub>2</sub>)، شیب ایجاد آبکند (X<sub>3</sub>)، شیب پیشانی آبکند (X<sub>4</sub>)، درصد سنگریزه‌ی سطحی (X<sub>5</sub>)، درصد پوشش گیاهی (X<sub>6</sub>)، درصد خاک لخت (X<sub>7</sub>)، درصد لاشبرگ سطحی (X<sub>8</sub>)، هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع (X<sub>9</sub>)، اسیدیته (X<sub>10</sub>)، نسبت جذب سدیم (X<sub>11</sub>)، درصد ماده‌ی آلی (X<sub>12</sub>)، درصد رس (X<sub>13</sub>)، درصد سیلت (X<sub>14</sub>)، درصد شن (X<sub>15</sub>)، و میزان نفوذپذیری (X<sub>16</sub>)، به عنوان متغیرهای مستقل در نرم‌افزار SPSS با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره‌ی پس‌رونده، مورد بررسی قرار گرفتند. جدول ۱ دامنه‌ی تغییرات متغیرهای مورد استفاده در معادله‌ی رگرسیونی را ارائه می‌دهد.

نتایج تحلیل عاملی با چرخش واریماکس شامل: نمودار بارگذاری شده<sup>۱</sup>، نمودار امتیاز<sup>۲</sup>، و جدول ضرایب عوامل متغیرهای اندازه‌گیری شده‌ی آبکندهای منتخب حوزه‌ی آبخیز قاضیان در شکل‌های ۵ و ۶ و جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به طول خطوط و نزدیکی آن‌ها به محورها (شکل ۵)، مشخص می‌شود که متغیرهای شیب پیشانی و شیب ایجاد آبکندها بیشترین تأثیر را در مؤلفه‌ی اول دارند.

همان‌طور که در شکل ۶ ملاحظه می‌شود آبکند شماره‌ی ۴ با فاصله‌ی بیشتری نسبت به سایر آبکندها قرار دارد و در مقایسه با سایر آبکندها وضعیت متفاوتی دارد. با تطبیق دو نمودار (شکل‌های ۵ و ۶)، مشخص می‌شود که این امر می‌تواند به سبب وجود سنگریزه‌ی سطحی بیشتر نسبت به سایر آبکندها باشد. همچنین وجود تفاوت میان آبکند شماره‌های ۱ و ۲ و ۳ با

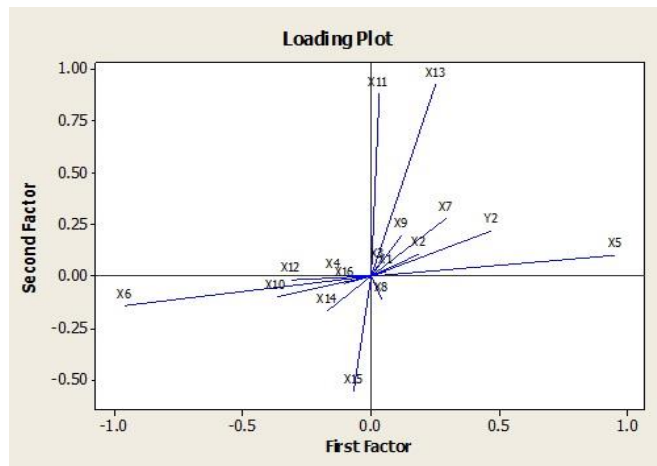
<sup>۱</sup>- Loading Plot

<sup>۲</sup>- Score Plot

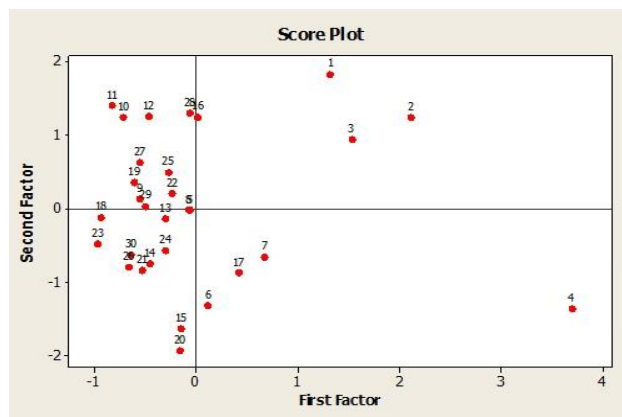
سایر آبکندها نیز به دلیل وجود سنگریزه‌ی سطحی بیشتر و هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع و نسبت جذبی سدیم بیشتر در مقایسه با سایر آبکندها می‌باشد.

**جدول ۱- نتایج شاخص‌های آماری متغیرهای مورد بررسی در حوزه‌ی آبخیز قاضیان استان فارس**

متغیرها	مقدار میانگین	انحراف معیار
حجم آبکند (متر مکعب)	۲۰۴/۸۴	۲۱۲/۰۶
مساحت آبخیز ایجاد آبکند (متر مربع)	۸۶۳/۳۸	۳۶۶/۹۹
مساحت آبخیز گسترش آبکند (متر مربع)	۳۷۴/۰۲	۱۹۶/۸۴
شیب ایجاد آبکند (درصد)	۴/۹۳	۰/۸۵
شیب پیشانی آبکند (درصد)	۷/۳۲	۱/۹۷
درصد سنگ‌ریزه‌ی سطحی	۶/۱۳	۱۲/۲۱
درصد پوشش گیاهی	۵/۲۰	۲/۷۴
درصد خاک لخت	۸۷/۷۳	۱۳/۰۴
درصد لاشبرگ سطحی	۰/۹۳	۱/۱۱
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۱/۵۱	۰/۴۵
اسیدیته	۷/۸۲	۰/۱۶
نسبت جذبی سدیم	۸/۱۸	۱/۲۰
درصد ماده‌ی آلی	۰/۳۸	۰/۱۱
درصد رس	۲۳/۸۶	۴/۴۶
درصد سیلت	۲۹/۹۶	۴/۷۷
درصد شن	۴۶/۰۷	۵/۷۹
میزان نفوذپذیری (میلی‌متر بر ساعت)	۶/۴۰	۲/۲۲



شکل ۵- نمودار بارگذاری شده‌ی آبکندهای حوزه‌ی آبخیز قاضیان استان فارس با چرخش واریماکس



شکل ۶- نمودار امتیازات آبکندهای حوزه‌ی آبخیز قاضیان استان فارس با چرخش واریماکس

با توجه به مقادیر ویژه‌ی بالاتر از واحد، نه گام مورد بررسی قرار گرفت. با در نظر گرفتن

اولین عامل، تنها ۱۵ درصد و نه عامل مورد نظر ۳/۸۸ درصد از تغییرات را می‌توان مدیریت کرد

(جدول ۲).

جدول ۲- مقادیر ویژه، واریانس و ضرایب متغیرها پس از چرخش واریماکس

متغیر	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
حجم آبکند (Y)	۰/۴۷۱	۰/۲۱۶	۰/۳۹۹	۰/۱۳۹	۰/۰۴۲	-۰/۱۱۶	۰/۰۵۴	-۰/۱۵۱	-۰/۰۵۷
مساحت آبخیز ایجاد (X <sub>۱</sub> )	۰/۰۶۲	۰/۰۲۵	۰/۸۵۳	-۰/۰۷۹	۰/۲۰۳	-۰/۱	-۰/۰۰۳	-۰/۲۰۵	-۰/۲۶۶
مساحت آبخیز گسترش (X <sub>۲</sub> )	۰/۱۹	۰/۱۰۷	۰/۹۰۷	۰/۱۳۸	۰/۰۶۳	۰/۰۷۹	-۰/۱۰۷	-۰/۱۴۸	-۰/۰۹۹
شیب ایجاد (X <sub>۳</sub> )	۰/۰۳۱	۰/۰۵۱	۰/۰۰۷	۰/۹۲۷	۰/۱۲۸	۰/۱۷۸	۰/۰۹۹	-۰/۰۳۷	-۰/۰۲۷
شیب پیشانی (X <sub>۴</sub> )	-۰/۱۴۵	۰	۰/۰۶۹	۰/۸۹۸	۰/۰۲	۰/۱۵۳	-۰/۰۴۳	۰/۱۸۶	-۰/۱۲۶
درصد سنگریزه‌ی سطحی (X <sub>۵</sub> )	۰/۹۵۳	۰/۱۰۱	۰/۱۱۹	-۰/۰۲۸	-۰/۰۷۵	۰/۱۵۷	۰/۰۶۷	-۰/۰۸۱	-۰/۰۳۵



۰/۱۴۸	۰/۱۴۵	-۰/۰۴۲	-۰/۷۵۲	-۰/۰۱۶	-۰/۲۱۴	۰/۰۵۹	۰/۲۷۸	۰/۲۹۳	درصد پوشش گیاهی (X <sub>6</sub> )
-۰/۰۷۶	۰/۰۴۲	-۰/۰۵۶	۰/۰۳	۰/۰۶۴	۰/۰۸۳	-۰/۰۹۹	-۰/۱۴۳	-۰/۹۵۷	درصد خاک لخت (X <sub>7</sub> )
۰/۹۰۵	۰/۰۳۸	۰/۰۳۱	-۰/۲۱۳	۰/۱۱۴	-۰/۱۳۲	-۰/۲۸۹	-۰/۱۱۵	۰/۰۴۲	درصد لاشبرگ سطحی (X <sub>8</sub> )
-۰/۰۴۱	-۰/۸۹۵	-۰/۰۳	۰/۰۳۴	۰/۰۶۹	-۰/۱۲۴	۰/۳۱۳	۰/۱۹۸	۰/۱۲۲	هدایت الکتریکی (X <sub>9</sub> )
-۰/۰۸۴	-۰/۱۶۸	-۰/۱۵۷	-۰/۰۸۲	-۰/۰۶۳	۰/۳۰۱	۰/۰۹۷	-۰/۱	-۰/۳۶۹	اسیدیته (X <sub>10</sub> )
-۰/۰۰۶	-۰/۱۷۹	-۰/۰۰۶	-۰/۲۶۲	۰/۰۲	-۰/۰۸۵	۰/۱۲۵	۰/۸۸	۰/۰۳۲	نسبت جذبی سدیم (X <sub>11</sub> )
۰/۱۴۴	-۰/۰۴۸	۰/۰۲	-۰/۹	-۰/۰۱۶	-۰/۲۰۵	-۰/۰۲۸	-۰/۰۱۸	-۰/۳۰۹	درصد ماده‌ی آلی (X <sub>12</sub> )
-۰/۱۲۹	-۰/۰۵۱	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵	۰/۰۰۲	۰/۱	۰/۰۱۷	۰/۹۲۱	۰/۲۵۴	درصد رس (X <sub>13</sub> )
۰/۱۰۱	-۰/۰۳۹	-۰/۱۶۴	-۰/۰۰۵	۰/۹۳۶	۰/۰۵۶	۰/۱۳۴	-۰/۱۶۶	-۰/۱۶۸	درصد سیلت (X <sub>14</sub> )
-۰/۰۱	۰/۰۴۹	۰/۱۰۸	-۰/۰۴۳	-۰/۷۹	-۰/۱۳۳	-۰/۱۰۵	-۰/۵۵۶	-۰/۰۶۴	درصد شن (X <sub>15</sub> )
-۰/۰۲۶	-۰/۰۲۴	-۰/۹۶۵	-۰/۰۰۲	۰/۱۹۵	-۰/۰۴۸	۰/۰۷۴	-۰/۰۳۴	-۰/۱۰۲	میزان نفوذپذیری (X <sub>16</sub> )
۱/۰۰۵	۱/۰۲۴	۱/۰۳۷	۱/۶۱۵	۱/۶۳۴	۱/۹۶۹	۱/۹۸۳	۲/۱۹۲	۲/۵۴۹	مقدار ویژه
۰/۰۵۹	۰/۰۶	۰/۰۶۱	۰/۰۹۵	۰/۰۹۶	۰/۱۱۶	۰/۱۱۷	۰/۱۲۹	۰/۱۵	درصد واریانس
۰/۸۸۳	۰/۸۲۴	۰/۷۶۴	۰/۷۰۳	۰/۶۰۸	۰/۵۱۲	۰/۳۹۶	۰/۲۷۹	۰/۱۵	درصد واریانس تجمعی

بر اساس ضرایب جدول ۲، درصد سنگ‌ریزه‌ی سطحی در عامل اول، درصد رس در عامل

دوم، مساحت آبخیز گسترش در عامل سوم، شیب ایجاد در عامل چهارم، درصد سیلت در عامل

پنجم، درصد پوشش گیاهی در عامل ششم، میزان نفوذپذیری در عامل هفتم، هدایت الکتریکی

عصاره‌ی اشباع در عامل هشتم، و درصد لاشبرگ سطحی در عامل نهم دارای بیشترین ضرایب

هستند. با توجه به برتری عوامل اولیه می‌توان ادعا کرد که مهمترین صفات، مربوط به شرایط

پوشش سطح زمین و بافت خاک است.

سؤالی که مطرح می‌شود این است که در بین این متغیرها کدام یک تأثیر بیشتری بر

حجم آبکند دارند؟ به این منظور پس از تعیین روابط، با به‌کارگیری ضریب همبستگی پیرسون

از رگرسیون گام به گام استفاده شد. با توجه به سطح معنی‌داری ضرایب همبستگی پیرسون

(جدول ۳)، مشخص می‌شود که حجم آبکنده‌های این منطقه با عوامل مساحت آبخیز ایجاد و

گسترش آبکند، درصد سنگ‌ریزه‌ی سطحی، و درصد پوشش گیاهی همبستگی مثبت و معنی‌دار

در سطح یک درصد، و با عوامل درصد خاک لخت، هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع، و درصد رس، در سطح پنج درصد همبستگی معنی‌دار دارد (سلیمان‌پور و همکاران، ۱۳۹۷).

**جدول ۳- رابطه‌ی متغیر وابسته با متغیرهای مستقل**

ضریب همبستگی	متغیرها
۰/۵۱۰**	مساحت آبخیز ایجاد آبکند (متر مربع)
۰/۵۸۱**	مساحت آبخیز گسترش آبکند (متر مربع)
۰/۵۴۴**	درصد سنگ‌ریزه‌ی سطحی
-۰/۵۷۵**	درصد پوشش گیاهی
۰/۳۸۶*	درصد خاک لخت
۰/۴۱۲*	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
۰/۳۹۴*	درصد رس

\*\* معنی‌داری در سطح یک درصد

\* معنی‌داری در سطح پنج درصد

در ادامه با انجام رگرسیون گام به گام پس‌رونده، مناسب‌ترین معادله با توجه به بیشترین

مقدار ضریب تبیین، در جدول ۴ ارائه شده است.

**جدول ۴- ضرایب معادله‌ی نهایی رگرسیون پس‌رونده در حوزه‌ی آبخیز قاضیان استان فارس**

ضرایب استاندارد					ضریب تبیین (R <sup>2</sup> )	سطح معنی‌داری
$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$		
۰/۲۹۷	۰/۳۷۵	-۰/۴۴۸	۰/۳۱۹	۰/۲۶۴	۰/۸۷	۱٪

$$y = 83.762 + 0.172x_1 + 40.329x_4 - 7.281x_6 + 24.663x_7 + 124.010x_9$$

رابطه‌ی ۲:

با توجه به معادله‌ی فوق (رابطه‌ی ۲)، و ضرایب استاندارد مندرج در جدول ۴، حجم آبکندها (Y)، در حوزه‌ی آبخیز قاضیان استان فارس، تابع پنج متغیر مساحت آبخیز ایجاد (X<sub>1</sub>)، شیب پیشانی (X<sub>4</sub>)، درصد پوشش گیاهی (X<sub>6</sub>)، درصد خاک لخت (X<sub>7</sub>)، و هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع (X<sub>9</sub>) می‌باشد؛ به طوری که به ازاء افزایش هر واحد X<sub>1</sub> (مساحت آبخیز ایجاد) مقدار ۰/۲۹۷، X<sub>4</sub> (شیب پیشانی) ۰/۳۷۵، X<sub>7</sub> (درصد خاک لخت) ۰/۳۱۹، و هر واحد X<sub>9</sub> (هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع) ۰/۲۶۴ به میزان Y (حجم آبکندها) اضافه می‌شود؛ و به ازاء افزایش هر واحد X<sub>6</sub> (درصد پوشش گیاهی) مقدار ۰/۴۴۸ از میزان حجم آبکندها کاسته می‌شود. در نتیجه در این منطقه عوامل شیب پیشانی آبکندها و درصد خاک لخت، مهمترین نقش را در افزایش حجم آبکندها دارند و عوامل مساحت آبخیز ایجاد و هدایت الکتریکی، در اولویت‌های بعدی هستند؛ اما در مقابل، عامل درصد پوشش گیاهی نقش کاهنده و کنترلی را ایفا می‌کند (سلیمان پور و همکاران، ۱۳۹۷).

### نتیجه‌گیری

نتایج مقادیر حجم و وزن خاک فرسایش یافته‌ی ناشی از فرسایش آبکندهای منتخب (۱۰۸۵۹/۶۶ متر مکعب، و ۱۴۲۲۵/۶۴ تن) تأیید کننده‌ی نظرات Poesen و همکاران (۲۰۰۲ و ۲۰۰۳) و Watson و همکاران (۲۰۰۲)، مبنی بر میزان تولید رسوب و هدررفت خاک قابل ملاحظه در این نوع فرسایش است. نظر به تأثیر عوامل شیب پیشانی، مساحت آبخیز ایجاد، و درصد خاک لخت، می‌توان نتیجه گرفت که این سه عامل مستقیماً بر سرعت جریان (رواناب)

و زمان تمرکز حوضه اثرگذار است؛ به طوری که هر چه شیب پیشانی بیشتر، و مساحت آبخیز ایجاد آبکندها وسیع تر باشد و به تبع آن این عرصه دارای خاک لخت بیشتری باشد؛ رواناب تولیدی فرصت و قدرت بیشتری برای تخریب و هدررفت خاک دارد. این یافته‌ها با نتایج سایر پژوهشگران از جمله Poesen و همکاران (۲۰۰۲)، Watson و همکاران (۲۰۰۲)، Essein (۲۰۱۳)، Shit و همکاران (۲۰۱۵)، سلیمان پور و همکاران (۱۳۸۹)، زمان زاده و احمدی (۱۳۹۲) و ویسی سرطایره و اسفندیاری درآبادی (۱۳۹۴) مطابقت و همخوانی دارد.

همچنین با توجه به عامل مؤثر پوشش گیاهی، و اثر کاهنده و کنترلی آن در افزایش حجم آبکندها، بایستی با افزایش پوشش گیاهی سازگار و مقاوم با شرایط طبیعی منطقه و قرق به- منظور احیای پوشش گیاهی، در حفاظت از عرصه‌های این منطقه اقدام کرد. این نتایج با یافته- های سلیمان پور و همکاران (۱۳۸۶ و ۱۳۸۹)، ویسی سرطایره و اسفندیاری درآبادی (۱۳۹۴) و Igwe و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت دارد.

توجه به این نکته ضروری است که با توجه به مقدار مبه وسیله رس (۲۳/۸۶ درصد)، و محدوده‌ی اعلام شده به وسیله Evans (۱۹۸۰)، برای خاک‌های فرسایش پذیر (بین نه تا ۳۰ درصد رس)، خاک‌های این منطقه در گروه خاک‌های فرسایش پذیر قرار دارند. علاوه بر این موضوع، میزان مبه وسیله ماده‌ی آلی ۰/۳۸ درصد می‌باشد که با در نظر گرفتن آستانه‌ی ۳/۵ درصدی ماده‌ی آلی برای تفکیک خاک‌های فرسایش پذیر طبق نظر Morgan (۱۹۹۵)، و Morgan و Mngomezulu (۲۰۰۳)، منطقه‌ی مورد مطالعه دارای ماده‌ی آلی لازم به منظور مقاومت در برابر فرسایش آبی نیست. همچنین میزان مبه وسیله درصد پوشش گیاهی، لاشبرگ سطحی، سنگ- ریزه‌ی سطحی و خاک لخت به ترتیب ۵/۲۰، ۰/۹۳، ۶/۱۳ و ۸۷/۷۳ درصد می‌باشد. بنابراین با

توجه به روش شش عامل Goodwine به نقل از مقدم (۱۳۹۳)، منطقه‌ی مورد مطالعه دارای وضعیت خیلی فقیر است.

### پیشنهادها

با عنایت به مباحث فوق‌الذکر، توصیه می‌شود به منظور کاهش هدررفت خاک ناشی از فرسایش آبکندی، توجه بیشتری به کنترل فرسایش در پیشانی آبکندها داشت. به این منظور به برنامه‌ریزان، مدیران، و کارشناسان پیشنهاد می‌شود با استقرار پوشش گیاهی، به کاهش سطوح لخت و فاقد پوشش و افزایش ضریب زبری اقدام کنند؛ تا میزان رواناب ورودی به آبکندها کاهش یابد. در صورت عدم امکان اجرای این راهکار، بایستی رواناب ایجاد شده در بالای پیشانی آبکند را منحرف کرد و در بخشی از بدنه‌ی آبکند وارد کرد.

همچنین اجرای اقدام‌های احتیاطی برای جلوگیری از ایجاد آبکندهای جدید در محل ورود رواناب به بدنه‌ی آبکند ضروری می‌باشد. در صورت وجود شرایط اضطراری می‌توان با اقدام‌های مکانیکی مانند بانکت‌بندی، و یا احداث بندهای خاکی به ارتفاع یک متر در انتهای آبکندها، حجم و ارتفاع رواناب ورودی به پیشانی آبکند را کاهش داد و به این طریق رواناب ایجاد شده را جمع‌آوری، و در استقرا پوشش گیاهی در اطراف آبکندها اهتمام ورزید.

## سپاسگزاری

این نشریه برگرفته از بخشی از نتایج پروژه‌ی تحقیقاتی مستقل با عنوان "بررسی میزان تأثیر عوامل مؤثر بر گسترش فرسایش آبکندی" با کد مصوب ۹۵۰۳۷۲-۰۳-۲۹-۵۰-۲، در پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری می‌باشد. به این منظور، نویسندگان این اثر، سپاس خود را از حمایت‌های پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری، و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، اعلام می‌دارند.

## منابع

۱. احمدی، ح. ۱۳۹۱. ژئومورفولوژی کاربردی، جلد ۱ (فرسایش آبی)، چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۸۸ صفحه.
۲. زمان‌زاده، س.م. و م. احمدی. ۱۳۹۲. تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در شکل‌گیری و گسترش فرسایش خندقی (مطالعه موردی: فارس، منطقه‌ی دشت کهور لامرد). پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۲(۲)، ۱۳۵-۱۵۶.
۳. سلیمان‌پور، س.م. ۱۳۹۱. بررسی و مقایسه‌ی آستانه‌های کنترل‌کننده‌ی فرسایش خندقی در اقلیم‌های مختلف استان فارس. رساله‌ی دوره‌ی دکتری تخصصی علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی.
۴. سلیمان‌پور، س.م.، م. صوفی و ح. احمدی. ۱۳۸۶. بررسی عوامل مؤثر بر فرسایش خندقی، تولید رسوب و هدررفت خاک در منطقه‌ی گوراسپید استان فارس. مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، تهران، ایران.
۵. سلیمان‌پور، س.م.، صوفی، م. و احمدی، ح. ۱۳۸۹. بررسی آستانه‌ی توپوگرافی و عوامل مؤثر بر رسوب‌زایی و گسترش خندق‌ها در منطقه‌ی نیریز استان فارس. مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)، شماره‌ی ۶۳، جلد ۱، صفحه‌ی ۵۳-۴۱.

۶. سلیمان پور، س.م.، م. صوفی، م.ج. روستا، ص. شادفر، ل. جوکار و ح. کشاورزی. ۱۳۹۷. بررسی میزان تأثیر عوامل مؤثر بر گسترش فرسایش آبکندی. گزارش نهایی پروژه‌ی تحقیقاتی، پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران.
۷. شادفر، ص. ۱۳۹۵. تعیین پتانسیل فرسایش خندقی با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی (مطالعه‌ی موردی: حوزه‌ی آبخیز طرود). نشریه‌ی مهندسی و مدیریت آبخیز، شماره‌ی ۸، جلد ۳، صفحه‌ی ۲۶۳-۲۵۶.
۸. شهریور، ع.، ص. شادفر، م. خزایی و ب. عادلی. ۱۳۹۶. ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی فرسایش خندقی (مطالعه‌ی موردی: حوزه‌ی آبخیز آبگندی). اکوهیدرولوژی، شماره‌ی ۴، جلد ۱، صفحه‌ی ۱۳۲-۱۱۹.
۹. صوفی، م. ۱۳۸۳. بررسی ویژگی‌های مورفوکلیماتیک آبکندهای استان فارس. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران.
۱۰. مقدم، م.ر. ۱۳۹۳. مرتع و مرتع‌داری. چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۷۰ صفحه.
۱۱. میرزایی، ج.، ف. نورمحمدی و ع. یوسفی. ۱۳۹۳. ارزیابی مهمترین فاکتورهای مؤثر بر فرسایش آبکندی در مناطق خشک و نیمه‌خشک استان ایلام. مجله‌ی پژوهش‌های فرسایش محیطی، شماره‌ی ۱۳، صفحات ۲۸-۱۷.
۱۲. ویسی‌سرطایره، چ. و ف. اسفندیاری‌درآبادی. ۱۳۹۴. بررسی نقش شیب در شکل‌گیری و گسترش فرسایش خندقی (مطالعه‌ی موردی: شهرستان ثلاث باباجانی). مجموعه مقالات نخستین کنفرانس ملی دستاوردهای نوین در علوم زیستی و کشاورزی، تهران، ایران.
۱۳. هدایت‌فرد، م.، ح. غلامی، س.م. سلیمان پور و ا. حلی‌ساز. ۱۴۰۰. تعیین عوامل اثرگذار بر توسعه‌ی آبکندها در حوزه‌ی آبخیز مزایجان استان فارس با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره. مجله‌ی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، دوره‌ی ۱۵، شماره‌ی ۵۲، صفحات ۴۴-۵۳.
۱۴. یثربی، ب.، م. صوفی، س.خ. میرنیا و ج. محمدی. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر ویژگی‌های توپوگرافی و خاک بر گسترش آبکندهای جبهه‌ای در کاربری کشاورزی (مطالعه‌ی موردی: استان ایلام). نشریه‌ی مهندسی و مدیریت آبخیز، شماره‌ی ۵، جلد ۱، صفحات ۴۰-۳۱.

۱۵. یوسفوند، ش.م.، م. حبیب‌نژاد، ک. سلیمانی و م. رضایی‌پاشا. ۱۳۹۲. تأثیر عوامل خاکی و زمین‌شناسی بر روی فرسایش آبکندی (مطالعه‌ی موردی: حوزه‌ی آبخیز سیف‌آباد لرستان). مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی علوم آب و خاک، شماره‌ی ۶۵، صفحات ۱۱۵-۱۳۹.

16. Afegbua, U.K., J. Uwazuruonye and B. Jafaru. 2016. Investigating the Causes and Impacts of Gully Erosion in Auchi, Nigeria. *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*, 4(4): 1-13.
17. Alvaro, G.G., S. Susanne, B.S. Fernando, L.C. Francisco and R.D. Judit. 2014. Using 3D photoreconstruction methods to estimate gully headcut erosion. *Catena*, 120: 91-101.
18. Bobrovitskaya, N.N. 2000. Hydrological meteorological and morphological aspects of studying gully erosion in period of global change. Abstract in Proceeding of International Symposium on Gully Erosion under Global Change, Leuven, Belgium.
19. Casali, J., J. Loizu, M.A. Campo, L.M. De Santisteban and J. Alvarez-Mozos. 2006. Accuracy of methods for field assessment of rill and ephemeral gully erosion. *Catena*, 67: 128-138.
20. Castillo, C. and J.A. Gómez. 2016. A century of gully erosion research: Urgency, complexity and study approaches. *Earth Science Reviews*, 160: 300-319.
21. Choubin, B., O. Rahmati, N. Tahmasebipour, B. Feizizadeh and H.R. Pourghasemi. 2018. Application of fuzzy analytical network process model for analyzing the gully erosion susceptibility; In book: *Natural Hazards GIS-Based Spatial Modeling Using Data Mining Techniques. Advances in Natural and Technological Hazards Research*, 48: 105-125.
22. Conoscenti, C., S. Angileri, C. Cappadonia, E. Rotigliano, V. Agnesi and M. Märker. 2014. Gully erosion susceptibility assessment by means of GIS based logistic regression: a case of Sicily (Italy). *Geomorphology*, 204: 399-411.
23. De Luna, E., K. Vanderlinden, J.M. De haro, A. Laguna, J. Poesen and J.V. Giraldez. 2000. Monitoring of long term gully head advance in south-east Spain using GIS. Abstract in Proceeding of International Symposium on Gully Erosion under Global Change, Leuven, Belgium.
24. Dotterweich, M., J. Rodzik, W. Zglobicki, A. Schmitt, G. Schmidtchen and H.R. Bork. 2012. High resolution gully erosion and sedimentation processes, and land use changes since the Bronze Age and future trajectories in the Kazimierz Dolny area (Naleczow Plateau, SE-Poland). *Catena*, 95: 50-62.
25. Ehiorobo, J.O., C.O. Izinyon and H.A.P. Audu. 2011. Monitoring of Soil Loss from Erosion Using Geoinformatics and Geotechnical Engineering Methods. Abstract in proceeding of International Symposium on Deformation Monitoring, November 2-4, 2011, Hong Kong, China.
26. Esseini, O.E. 2013. Effect of disturbed soil properties on gully growth. *Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering*, 3(1): 27-39.



27. 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, 109-128.
28. Ezechi, J.I. 2000. The influence of runoff, lithology and water table on the dimensions and rates of gulling processes in Eastern Nigeria. Abstract in Proceeding of International Symposium on Gully Erosion under Global Change, Leuven, Belgium.
29. Gómez-Gutiérrez, A., S. Schnabel, F. Lavado-Contador, J.J. Sanjosé-Blasco, A.D.J. Atkinson, M. Pulido-Fernández, M. Sánchez-Fernández and A. Alfonso-Torreño. 2018. Studying gully erosion processes in rangelands of SW Spain and guiding restoration strategies using the UAV+SfM workflow. *Geophysical Research Abstracts*, 20: 19157-1.
30. Igwe, P.U., O.C. Chinedu, E.U. Nlem, C.C. Nwezi and J.C. Ezekwu. 2018. A Review of Landscape Design as a Means of Controlling Gully Erosion. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 3(1): 103-111.
31. Ireland, H.A. 1939. "Lyell" Gully, a record of a century of erosion. *J. Geol.*, 47: 47-63.
32. Kennedy, B.A. 2001. Charles Lyell and "Modern changes of the Earth": The Milledgeville Gully. *Geomorphology*, 40: 91-98.
33. Kukal, S.S. and G.S. Matharu. 2002. Behaviour of gully erosion in relation to catchment characteristics in foothills of lower Shivaliks, 17<sup>th</sup> WCSS, Thailand.
34. Li, Zh., Y. Zhang, Q. Zhu, S. Yang, H. Li and H. Ma. 2017. A gully erosion assessment model for the Chinese Loess Plateau based on changes in gully length and area. *Catena*, 148(2): 195-203.
35. Lowdermilk, W.C. 1953. Conquest of the land though seven thousand years. USDA, SCS Agri. In from. Bull.
36. Morgan, R.P.C. 1995. Soil erosion and conservation, 2<sup>nd</sup> end, Longman Press.
37. Morgan, R.P.C. and D. Mngomezulu. 2003. Threshold conditions for initiation of valley-side gullies in the middle veld of Swaziland. *Catena*, 50: 401-414.
38. Nwankwo, C. and H.O. Nwankwoala. 2018. Gully Erosion Susceptibility Mapping in Ikwuano Local Government Area of Abia State, Nigeria Using GIS Techniques. *Earth Sciences Malaysia*, 2(1): 8-15.
39. Poesen, J. 2011. Challenges in gully erosion research. *Landform Analysis*, 17: 5-9.
40. Poesen, J., J. Nachtergaele, G. Verstraeten and C. Valentin. 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena*, 50: 91-133.
41. Poesen, J., L. Vandekerckhove, J. Nachtergaele, D. Oostwoud Wijdenes, G. Verstraeten and B. Van Wesemael. 2002. Gully erosion in dryland environments. In: Bull, L.J. and M.J. Kirkby. (Eds.), *Dryland Rivers: Hydrology and Geomorphology of Semi-Arid Channels*. Wiley, Chichester, UK 229- 262.
42. Rahmati, O., N. Tahmasebipour, A. Haghizadeh, H.R. Pourghasemi and B. Feizizadeh. 2017. Evaluating the influence of geo-environmental factors on gully erosion in a semi-arid region of Iran: An integrated framework. *Science of the Total Environment*, 579: 913-927.

43. Rubey, W.W. 1928. Gullies in the Great Plains formed by sinking of the ground. *Am. J. Sci*, 15: 417-422.
44. Shit, P.K., R. Paira, G.S. Bhunia and R. Maiti. 2015. Modeling of potential gully erosion hazard using geo-spatial technology at Garbheta block, West Bengal in India. *Model Earth Syst. Environ*, 1(2): 1-16.
45. Simon, A., N. Pollen-Bankhead and R.E. Thomas. 2011. Development and application of a deterministic bank stability and toe erosion model for stream restoration. *Stream Restoration in Dynamic Fluvial Systems: Scientific Approaches. Analyses and Tools*, 194: 453-474.
46. Soleimanpour, S.M. and N. Kazemi Kazemabady. 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.
47. Tebebu, T., A. Abiy, H. Dahlke, Z. Easton, S. Tilahun, A. Collick, S. Kidnau, S. Moges and F. Dadgari. 2010. Surface and subsurface flow effect on permanent gully formation and upland erosion near Lake Tana in the northern highlands of Ethiopia. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14(11): 2207-2217.
48. Watson, C., N. Raphael, P. Combs and S. Abt. 2002. Comparison of Ars-Type Grade control model testing and prototype response. *Hydrology Engineering ASCE*.
49. Xu, M., Q. Li and G. Wilson. 2016. Degradation of soil physicochemical quality by ephemeral gully erosion on sloping cropland of the hilly Loess Plateau, China. *Soil and Tillage Research*, 155: 9-18.

**Abstract**

Soil erosion with water is one of the most important factors in land degradation and gully erosion is one of the most important types of water erosion that causes soil loss. Whereas it is necessary to determine the factors affecting the volume of wasted soil by gully erosion in order to provide appropriate soil protection methods in land management; This research has taken this important step in Ghazeian watershed located in the north of Fars province. For field measurements, 30 gullies were randomly selected and dimensional parameters of gullies including: length, high width, low width, and depth were measured. Watershed area and slope at the point of creation and development of gullies, percentage of gravel, bare soil, vegetation cover, litter, permeability, and physical and chemical properties of soil were measured and in order to determine the most effective factors, backward multivariate regression was prepared by SPSS software. The results showed that the volume and weight of eroded soil caused by gully erosion was 1059.66 m<sup>3</sup> and 142.264 ton, respectively. Also, the factors of slope of the forehead gullies and the percentage of bare soil, the formation of the catchment area, and the electrical conductivity of the saturated extract have the most important role in increasing the volume of gullies, and the factor of cover vegetation plays a decreasing and controlling role in this regard. It is recommended to reduce the bare areas and uncovered surface and increase the roughness coefficient by planting vegetation.

**Keywords:** Gully, volume, effective factors, erosion, Ghazeian

**Ministry of Agriculture-Jahad**  
**Agricultural Research, Education and Extension Organization**  
**Soil Conservation and Watershed Management Research Institute**

---

**Title:** Determination of effective factors on soil loss volume due to gully erosion in Ghazeian watershed, Fars province

**Authors:** Seyed Masoud Soleimanpour, Majid Soufi, Mohammad Javad Rosta, Samad Shadfar

**Editor:** Amir Sarreshtehdari

**Document Formatting:** Akbar Hosseini-Rashid

**Publisher:** Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

**Circulation:** 10 copies

**Date of Print:** 2021

This Scientific work has been registered with the series number of **60578** at the date of **2021-11-13** in the Agriculture Information and Scientific Documents Center. All rights reserved. No Part of this Publication may reproduce or transmitted without the original reference.

**Ministry of Agriculture-Jahad  
Agricultural Research, Education and Extension Organization  
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute**

**Technical Report:  
Determination of effective factors on soil loss volume due to gully  
erosion in Ghazeian watershed, Fars province**

**Authors  
Seyed Masoud Soleimanpour, Majid Soufi, Mohammad Javad Rosta,  
Samad Shadfar**

**Series Number: 60578**



Ministry of Agriculture - Jihad  
Agriculture Research, Education and Extension Organization  
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute



# Technical Report

**Determination of effective  
factors on soil loss volume due  
to gully erosion in Ghazeian  
watershed, Fars province**

Series Number: 60578  
Winter 2021