

بررسی تغییرات بلند مدت رشد فرسایش خندقی در حوضه کندوران، استان هرمزگان

محمود دمی زاده*: استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان آموزش، تحقیقات و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
صمد شادفر: دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان آموزش، تحقیقات و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه‌ی مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۲۴)

DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.3.1.3

چکیده

فرسایش خندقی یکی از مهم‌ترین اشکال فرسایش آبی است که بر محیط زیست و به خصوص زمین‌های کشاورزی تأثیرات مخربی دارد. این پدیده به تخریب حجم بزرگی از خاک‌های کشاورزی یک منطقه منجر می‌شود و خسارت‌های زیادی را برای کشاورزان به همراه دارد. با توجه به کمبود آمار و اطلاعات در زمینه این نوع از فرسایش، استفاده از فناوری‌های نوین نظیر سنجش از دور و استفاده از داده‌های مکانی مانند عکس برداری‌های انجام شده در سال‌های قبل امری ضروری در بررسی این پدیده به شمار می‌رود. برای پایش و بررسی تغییرات بلندمدت رشد فرسایش خندقی در منطقه کندوران استان هرمزگان، از عکس‌های هوایی ۱۹۵۷ با مقیاس ۱:۵۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های ۱۹۸۴، ۱۹۹۴ و ۲۰۰۴ استفاده شد. با توجه به دقت مکانی بیشتر تصاویر ماهواره‌ای GeoEye نسبت به تصاویر ماهواره لندست، برای سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۶ از این تصاویر استفاده شد. تغییرات طولی و سطحی فرسایش خندقی منطقه مورد مطالعه در دوره‌های زمانی مختلف نیز با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، فناوری سنجش از دور و بررسی‌های میدانی تهیه و بررسی شد. نتایج بررسی دوره‌های مختلف نشان داد که مساحت خندق‌های منطقه مورد مطالعه از ۳۲ هکتار در سال ۱۹۵۷، به بیش از ۳۷۰ هکتار در سال ۲۰۱۶ یعنی حدود ده برابر در طی یک دوره ۶۰ ساله رسیده است. بررسی روند تغییرات مساحت خندق‌های منطقه مورد مطالعه بیانگر این است که طی دوره ۱۹۵۷ تا ۱۹۸۴، میزان رشد سطحی خندق‌ها برابر ۲/۹۶ هکتار در سال بود. این میزان رشد طی دوره ده ساله ۱۹۸۴ تا ۱۹۹۴ میلادی، به ۴/۹ هکتار در سال و در طی دوره ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۴ نیز بر اساس یافته‌های پژوهش حدود ۴/۵ هکتار بود و در نهایت در طی دوره ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۶ میلادی، میزان این افزایش به ۱۳/۷ هکتار در سال افزایش یافت. همچنین بررسی رشد طولی خندق‌های منطقه در ۵۰ خندق مورد بررسی نشان داد که این میزان به طور متوسط ۵/۲ متر در سال است که نسبت به تحقیقات انجام شده در داخل و خارج از کشور، رقم بالایی است و بایستی دستگاه‌های اجرایی استان در زمینه کنترل این نوع فرسایش، اقدامات بیشتری انجام دهند.

واژگان کلیدی: تصویر ماهواره‌ای، عکس هوایی، رشد طولی خندق، سطح گسترش خندق

مقدمه

استان هرمزگان یکی از مناطق خشک کشور با متوسط بارندگی کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر در جنوب ایران است که به علت شرایط خاص زمین‌شناسی و اقلیمی، فرسایش خندقی در بسیاری از دشت‌های آن دیده می‌شود و گاه علاوه بر تهدید بناها و سازه‌های پایین‌دست، روستاها را نیز مورد تهدید قرار می‌دهد (Zare Mehrjerdi et al, 2004).

عوامل مختلفی در بروز و تشدید این فرسایش‌ها نقش دارند که برخی از آنها طبیعی است و عمدتاً طی سالیان دراز به طور تدریجی اثر می‌گذارند و برخی نیز انسانی است که در تشدید فرسایش تأثیر دارند. در بررسی عوامل مؤثر بر فرسایش خاک، اساساً نمی‌توان عامل مشخص و معینی را به عنوان عامل اصلی فرسایش در یک منطقه معرفی کرد، بلکه شرایط فرسایش موجود در منطقه را باید حاصل تأثیرات متقابل مجموعه عوامل و عناصر مؤثر در ایجاد فرسایش دانست؛ از قبیل عوامل اقلیمی، فرسایش‌پذیری خاک، شیب زمین، پوشش گیاهی، هدیریت نحوه بهره‌برداری از اراضی و ... (Tabatabaai et al, 2001).

مطالعات و پژوهش‌های متعددی در خصوص فرسایش خندقی و عوامل شکل‌گیری آن در سطح کشور و جهان صورت گرفته‌است؛ به طوری که پژوهشگران مختلفی به بررسی عوامل ایجاد فرسایش خندقی، پایش آن در طول زمان و سایر موضوعات مرتبط با این پدیده پرداخته‌اند.

بررسی ابعاد مختلف فرسایش خندقی با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای توسط پژوهشگران زیادی نظیر Desmet و همکاران (۱۹۹۷)، Martinez (۲۰۰۳)، Iranmanesh و همکاران (۲۰۰۶)، Karimi و همکاران (۲۰۰۷)، Ahmadi و همکاران (۲۰۰۷)، Avaz zadeh Tavakoli و همکاران (۲۰۰۹)، Hossain zadeh و همکاران (۲۰۱۱)، Maerker و همکاران (۲۰۱۵)، Rostamizad و همکاران (۲۰۱۵) و Nisi و همکاران (۲۰۱۷) انجام شده‌است. همچنین دلایل متعددی به عنوان عوامل توسعه خندق‌ها معرفی شده‌است که افزایش چرای مفرط و بی‌رویه دام (Hadley et al, 1955)، سیلاب‌های شدید (Leopold, 1951)، بارندگی، دمای متوسط سالانه، شیب و جهت اراضی، سازند زمین‌شناسی، منابع اراضی، نوع خاک و ویژگی‌های مربوط به آن، نوع و تیپ گیاهی، نحوه استفاده از اراضی و متوسط سالانه‌ی ارتفاع رواناب‌های سطحی، هدایت الکتریکی و میزان سدیم قابل تبادل، درصد سیلت، درصد رس، اسیدیته، کربن آلی، آهن، ظرفیت تبادل کاتیونی، نسبت جذب سدیم (Mohammad Ebrahimi et al, 2017 & Besharati et al, 2018) و Servati et al, 2006 & Asghari Sarskanrood, 2017)، از جمله عواملی است که در پژوهش‌های مختلف بدان اشاره شده‌است.

Zare Mehrjerdi و همکاران (۲۰۰۴) در پژوهشی در استان هرمزگان با اندازه‌گیری خصوصیات مرفومتریک خندق‌ها و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به این نتیجه رسیدند که رخداد شکل‌گیری و گسترش خندق‌ها، با میزان املاح موجود در خاک، تمرکز رواناب‌های سطحی، خصوصیات افق‌های خاک، شدت بارندگی و تراکم پوشش گیاهی رابطه مستقیمی دارد و سازندهای زمین‌شناسی، نوع خاک، درصد شیب و کاربری اراضی از عوامل اصلی در رشد خندق‌های این

منطقه به‌شمار می‌رود. Soofi و همکاران (۲۰۰۵)، در پژوهشی به بررسی تأثیر کاربری‌های مختلف در گسترش خندق‌ها در حوضه آبخیز لامرد و علامرودشت پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که مساحت خندق‌ها در طی دوره بررسی، بالغ بر سه برابر شده‌است. در این بررسی متغیرهای اراضی شیب‌دار کوهستانی، طول جاده خاکی، مساحت دشت، طول خندق، مساحت اراضی زراعی و مسکونی و مساحت اراضی زمین لخت، تجزیه و تحلیل و مشخص شد که تمرکز مناطق خندقی، اغلب در اطراف مناطق دارای توسعه شهری و تمرکز جمعیت صورت می‌گیرد و دو متغیر مساحت زمین لخت و طول جاده خاکی، بیشترین تأثیر را بر افزایش مساحت مناطق خندقی داشته‌است. Ahmadi و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهش خود با استفاده از عکس‌های مربوط به سال‌های ۱۳۳۵، ۱۳۴۶ و ۱۳۷۹، میزان رشد سالیانه ۰/۲۰۶ متر را برای حوضه حبله‌رود برآورد کردند. Karimi و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی به منظور دستیابی به عوامل مؤثر بر تشکیل خندق، به بررسی تغییرات رشد طولی خندق‌ها در مقاطع مختلف زمانی با استفاده از عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۵ و ۱۳۴۶ پرداختند و با تجزیه و تحلیل خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در حوضه آبخیز زهان قاین خراسان به این نتیجه رسیدند که شدت بارش، مساحت حوضه بالادست پیشانی خندق و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به ویژه EC و درصد رس، از عوامل عمده‌ی تشکیل خندق‌ها و گسترش آن است. Shadfar (۲۰۱۰) در کتاب مقدمه‌ای بر فرسایش خندقی، دلایلی چون حساسیت سازند، شیب، چرای مفرط دام، بارش، منابع قابلیت اراضی، وضعیت مراتع، شخم در جهت شیب، ذوب سریع برف، تغییر در استفاده از زمین، جاده‌سازی و جهت شیب را به عنوان دلایل اصلی ایجاد فرسایش خندقی معرفی کردند.

Maghsoodi و همکاران (۲۰۱۱)، از روش شاخص همپوشانی برای پهنه‌بندی فرسایش خندقی در حوضه زاوریان استان قم استفاده کردند و داده‌های مورد نیاز خود را از طریق عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای ETM+ و عملیات میدانی با استفاده از GPS به‌دست آوردند. نتایج نشان داد که جنس زمین، شیب، منابع، قابلیت اراضی، جهت شیب و کاربری اراضی، عوامل اصلی مؤثر در وقوع فرسایش خندقی است. Zare و همکاران (۲۰۱۳)، در پژوهشی به اندازه‌گیری و مقایسه طول خندق‌ها در منطقه علامرودشت استان فارس پرداختند و برای این کار از دو روش میدانی و تصاویر ماهواره‌ای ETM استفاده کردند. نتایج تأیید می‌کند در خندق‌هایی که از لحاظ ویژگی‌های ظاهری پیچ و خم و پوشش گیاهی فراوان‌تری دارند، ارقام استخراج شده توسط تصاویر ETM با مقدار واقعی زمینی آنها تفاوت بیشتری دارد؛ به طوری که به طور متوسط طول خندق‌های اندازه‌گیری شده توسط عملیات صحرائی و تصاویر ETM، به ترتیب ۴۷/۷۰ و ۵۸/۹۰ متر است که تفاوتی معادل ۱۱/۲۰ متر دارد. Nazari Samani و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از عکس‌های هوایی، عملیات میدانی و سامانه اطلاعات جغرافیایی، به بررسی عوامل مؤثر بر رشد طولی ۲۵ خندق در منطقه دره کره پرداختند. نتایج نشان داد که پارامترهایی از قبیل مساحت حوضه آبخیز بالادست خندق، فاصله‌ی بالاکنند تا مرز حوضه آبخیز، ارتفاع بالاکنند و SAR، مهم‌ترین شاخص‌های مؤثر بر رشد طولی خندق است. Tavakoli rad و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهش خود با استفاده از عکس‌های هوایی مربوط به سال‌های ۱۳۷۲ و ۱۳۴۶ همراه با عملیات صحرائی و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، گسترش

طولی ۲۵ خندق را در منطقه در دو دوره ۱۳۸۷-۱۳۷۲ و ۱۳۷۲-۱۳۴۶ در حوضه آبخیز سمل استان بوشهر اندازه‌گیری کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که میانگین رشد طولی اندازه‌گیری شده در دو دوره، ۱/۲۹ متر در سال است.

Shadfar (۲۰۱۵) نیز با استفاده از منطق فازی و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، به ارزیابی و بررسی فرسایش خندقی در حوضه طرود پرداخت. نتایج نشان داد که در روش جمع جبری فازی ۱۰۰ درصد مناطق خندقی در پهنه خیلی زیاد، در ضرب جبری فازی ۸۳/۲۹ درصد مناطق خندقی در پهنه کم، در گامای فازی ۰/۵ حدود ۶۰/۹۳ درصد خندق‌ها در طبقه کم و در مجموع، حدود ۱۷ درصد خندق‌ها در طبقات زیاد و خیلی زیاد واقع شده‌اند. Mohammad Ebrahimi و همکاران (۲۰۱۷)، در پژوهشی تعداد نه خندق پنجه‌ای را در حوضه آبخیز آق امام مطالعه و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مؤثر خاک، انواع لیتولوژی، انواع کاربری اراضی، طبقات مختلف شیب و ارتفاع را در ایجاد آنها بررسی و ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که متغیر درصد سیلت، درصد رس، هدایت الکتریکی، اسیدیته، کربن آلی، آهک، ظرفیت تبادل کاتیونی، نسبت جذب سدیم، درصد سدیم تبدالی و نوع لیتولوژی (سازند لسی)، از مهم‌ترین عوامل مؤثر در ایجاد فرسایش خندق پنجه‌ای در منطقه مورد مطالعه است. Ghezelsolfloo و همکاران (۲۰۱۸) با توجه به تنوع و گسترش خندق‌های منطقه دره شور در استان گلستان، از تکنیک سنجش از دور و سامانه‌ی اطلاعات مکانی استفاده کردند و برای دستیابی به اهداف تحقیق، تغییرات مکانی و زمانی فرسایش خندقی همراه با میزان گسترش اراضی خندقی شده، از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ و لندست ۸ در دو بازه زمانی ۲۰۰۱ و ۲۰۱۴ استفاده کردند. نتایج نشان داد که در بازه زمانی سیزده ساله، افزایش طولی خندق‌ها به میزان ۰/۹۹ متر در سال بوده است. Besharati و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی در حوضه آبخیز شور چای، از مقادیر هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، PH، نوع بافت خاک و از شاخص‌های اقلیمی (WS) برای تحلیل استعداد خندق‌زایی منطقه استفاده کردند. نتایج نشان داد که مورفومتری خندق‌ها، سرعت رشد زیاد آنها را نشان می‌دهد. نتایج آزمایشگاهی خاک‌های برداشت شده از منطقه نشان داد که نوع سازند، بافت خاک، ساختمان ضعیف خاک‌دانه‌ها، بالابودن میزان نمک‌های محلول به‌ویژه مقادیر بالای SAR، هدایت الکتریکی، میزان سدیم جذب شده موجود در خاک — که در رخداد فرسایش تونلی نیز مؤثر است — از مهم‌ترین عوامل در شکل‌گیری و گسترش فرسایش خندقی و مشخصات مورفومتریک آنها است. Rostamizad و همکاران (۲۰۱۹) نیز در پژوهش خود در دره شهر ایلام، میزان رشد سالیانه ۰/۸۵ متر را برای ۳۶ خندق مورد بررسی محاسبه کردند.

در خارج از کشور نیز مطالعات و پژوهش‌های متعددی در زمینه فرسایش خندقی صورت گرفته است. Desmat و همکاران (۱۹۹۷) معتقدند بررسی ابعاد مختلف فرسایش خندقی با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و با بهره‌گیری از تکنیک‌های سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، افزون بر افزایش دقت نتایج به صرفه‌جویی در زمان، کاهش حجم و مدت اجرای مطالعات منجر می‌شود. Poesen و همکاران (۲۰۰۲) با به کارگیری عکس‌های هوایی و کنترل میدانی تصاویر ماهواره‌ای، به محاسبه حجم خندق‌ها پرداختند و به این نتیجه رسیدند که اصولاً مطالعه‌ی طولانی مدت و دقیق فرسایش خندقی تنها از طریق استفاده از عکس‌های هوایی یا تصاویر ماهواره‌ای امکان‌پذیر است؛ به طوری که نتایج به

دست آمده در این باره در ناحیه جنوب شرقی اسپانیا، با مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی میدانی همبستگی بالایی داشته‌است. Martinez (۲۰۰۳)، در حوضه‌ای واقع در کاتالونیا (اسپانیا) با استفاده از عکس‌های هوایی ۱:۳۰۰۰۰ در یک بازه ۳۶ ساله، به تعیین میزان فرسایش خندقی منطقه پرداخت. ایشان استفاده از تکنیک سنجش از دور را برای پیش‌بینی اثرات تغییر جهانی مانند استفاده از زمین، تغییرات آب و هوایی، نقشه‌برداری، اندازه‌ی میزان فرسایش خندقی از جمله میزان عقب‌نشینی دیوار خندق و میزان تولید رسوب بسیار مؤثر می‌داند. Malik (۲۰۰۷) طی بررسی‌های صورت گرفته بر روی خندق‌های کوچک در فلات جنوبی لهستان به این نتیجه رسید که خندق‌های کوچک، به روش‌های مختلفی در کف دره‌ها یا در شیب آنها شکل می‌گیرد. همچنین میزان متوسط فرسایش خندق‌های کوچک را ۰/۶۳ متر در سال، میزان متوسط فرسایش خندقی در شیب‌ها را ۰/۵۲-۰/۲۱ متر در سال و میزان متوسط فرسایش خندقی در کف دره‌ها را ۰/۶۸-۰/۱۸ متر در سال برآورد کرد. Vrieling و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از تصاویر چند زمانه SAR، به ارزیابی فرسایش در منطقه کارادوس در برزیل پرداختند. آنها در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانی ENVISAT ASAR و ERS SAR برای ارزیابی میزان فرسایش منطقه استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که شناسایی خندق‌های بزرگ با ENVISAT ASAR ممکن است، اما استفاده از تصاویر ERS SAR برای شناسایی خندق‌ها مناسب‌تر می‌باشد. Millington و همکاران (۲۰۱۳) طی پژوهشی در فلات جنوبی لهستان، میزان متوسط فرسایش خندق‌های کوچک را ۰/۶۳ متر در سال، میزان متوسط فرسایش خندقی در شیب‌ها را ۰/۲۱ تا ۰/۵۱ متر در سال و میزان متوسط فرسایش در کف دره‌ها را ۰/۱۸ تا ۱/۹۸ در سال برآورد کردند. Marker و Zakerinegad (۲۰۱۴) با استفاده از تصاویر گوگل ارث و ارزیابی مدل‌های رقومی ارتفاعی دو و سه متری دشت مزایجان شیراز، یک مدل کمی را برای پیشگویی و مناطق مستعد فرسایش خندقی ارائه کردند. از نتایج این پژوهش، تهیه‌ی نقشه‌ی پتانسیل خندقی شدن منطقه برای هدیریت فرسایش خاک در منطقه است. Maerker و Quénéhervé (۲۰۱۵) برای ارزیابی و تحلیل خندق‌ها در حوضه دریاچه‌ی مارینا در شمال تانزانیا، از روش درونیابی مدل ارتفاعی رقومی ۱۰ متر و ۳۰ متر و تصاویر گوگل ارث و برداشت مختصات خندق‌های معرف منطقه با استفاده از GPS در طی یک کار میدانی استفاده کردند که در نهایت، به یک مدل کمی برای پیشگویی مناطق مستعد فرسایش خندقی دست یافتند.

در مجموع، مطالعات انجام شده در زمینه‌ی فرسایش خندقی نشان می‌دهد که استفاده از فناوری دورسنجی برای پایش رشد تغییرات فرسایش خندقی در مناطق مختلف جهان، نتایج مثبتی را به همراه داشته‌است. این موضوع به خصوص برای مناطقی که با کمبود نقشه و داده‌های قدیمی مواجه است، می‌تواند به عنوان ابزاری مناسب در این زمینه استفاده شود؛ از این رو، در پژوهش حاضر با استفاده از قدیمی‌ترین منابع اطلاعاتی به خصوص عکس‌های هوایی ۱۹۵۷ (۱۳۳۶ شمسی)، به بررسی تغییرات فرسایش خندقی در منطقه کندوران استان هرمزگان پرداخته شد.

موقعیت جغرافیایی

محدوده مورد مطالعه از نظر تقسیم‌بندی سیاسی — اداری، در استان هرمزگان و بخش مرکزی شهرستان بندرلنگه واقع شده است. گستره مورد مطالعه در طول جغرافیایی ۵۴ درجه، ۱۹ دقیقه و ۱۱ ثانیه تا ۵۴ درجه، ۳۰ دقیقه و ۴۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۶ درجه، ۴۰ دقیقه و ۵۷ ثانیه تا ۲۶ درجه، ۵۶ دقیقه و ۴ ثانیه شمالی قرار دارد. این حوضه از شمال به کوه سفید و از جنوب به بندر حسینه و خلیج فارس، از شرق به روستای سورو و از غرب به حدود روستای مراغ محدود می‌شود. مرتفع‌ترین نقطه حوضه، در شمال غرب محدوده مطالعاتی با بلندی ۱۴۰۹ متر و پایین‌ترین نقطه، در جنوب غرب آن با ارتفاع یک متر از سطح آزاد آب دریا واقع است.

محدوده مورد مطالعه، وسعتی برابر با ۲۵۸/۸ کیلومتر مربع دارد و محیط آن برابر با ۸۵ کیلومتر است. به دلیل نزدیکی این حوضه به شهرستان بندرلنگه، بهترین راه ارتباطی — که به خروجی‌های حوضه نیز می‌رسد — مسیر اصلی بندرلنگه به روستای کندوران (از طریق سه راهی بندر حسینه) است که مسافتی برابر با ۷۴ کیلومتر را شامل می‌شود. حوضه آبخیز منطقه مورد مطالعه عمدتاً از سنگ‌های رسوبی متعلق به دوران مزوزوئیک (سازندهای گروه فارس) با نفوذپذیری پایین شکل گرفت است. شکل شماره ۱ یک، موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در استان هرمزگان

روش تحقیق

برای اجرای این پژوهش، تعداد ۵۰ خندق — از لحاظ توزیع جغرافیایی و تنوع — در محدوده مورد مطالعه انتخاب و نقشه‌های رشد فرسایش خندقی برای پنج دوره زمانی از سال ۱۹۵۷ تا سال ۲۰۱۶ تهیه شد. تغییرات رشد فرسایش خندقی در منطقه، با استفاده از عکس‌های هوایی سال ۱۹۵۷ سازمان نقشه‌برداری کشور در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، همچنین تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های ۱۹۸۴، ۱۹۹۴ و ۲۰۰۴ و تصاویر ماهواره‌ای GeoEye سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۶ و به صورت تفسیر چشمی ترسیم و تهیه شد. سپس به تهیه محدوده و مساحت هر یک از خندق‌ها در هر یک از دوره‌ها پرداخته شد. همچنین برای طبقه‌بندی خندق‌های منطقه، تعداد سه خندق از میان ۵۰ خندق مورد بررسی انتخاب و خصوصیات مورفومتریکی آنها از قبیل طول خندق، عمق و عرض بالا و پایین آنها در رأس و مقاطع ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد طول هر خندق اندازه‌گیری شد. در ابتدا عکس‌ها و تصاویر تهیه شده از نظر هندسی و اتمسفری، تصحیح و پیش‌پردازش‌های لازم بر روی آنها اعمال شد. سپس به منظور افزایش قدرت تفسیر بصری بر روی عوارض سطح زمین و تشخیص بهتر محدوده‌ی خندق‌ها با استفاده از باند پانکروماتیک تصاویر ماهواره لندست و تکنیک ادغام تصویر (Image Fusion)، قدرت تفکیک مکانی تصاویر لندست بهبود یافت و اندازه پیکسل‌های این تصاویر به ۱۵ متر ارتقا داده شد. همچنین برای افزایش کنتراست و وضوح تصویر مناطقی که فرسایش خندقی در آن وجود دارد، از مجموعه‌ای از تکنیک‌های بارزسازی تصویر و فیلترهای دورسنجی نظیر آشکارساز لبه استفاده شد. پس از نهایی شدن نقشه‌های مورد نیاز، در مرحله‌ی بعدی در محیط نرم‌افزارهای ILWIS و ArcGIS به روی هم گذاری و قطع دادن نقشه‌های تهیه شده و استخراج تغییرات رخ داده پرداخته شد و در نهایت با استفاده از نقشه‌های تولید شده، مساحت و طول خندق‌ها همچنین تغییرات طولی و سطحی خندق‌ها در هر یک از دوره‌های زمانی و روند تغییرات آنها از نظر افزایش یا کاهش میزان فرسایش تحلیل شد.

تغییرات سطح خندق‌ها در دوره‌های مختلف

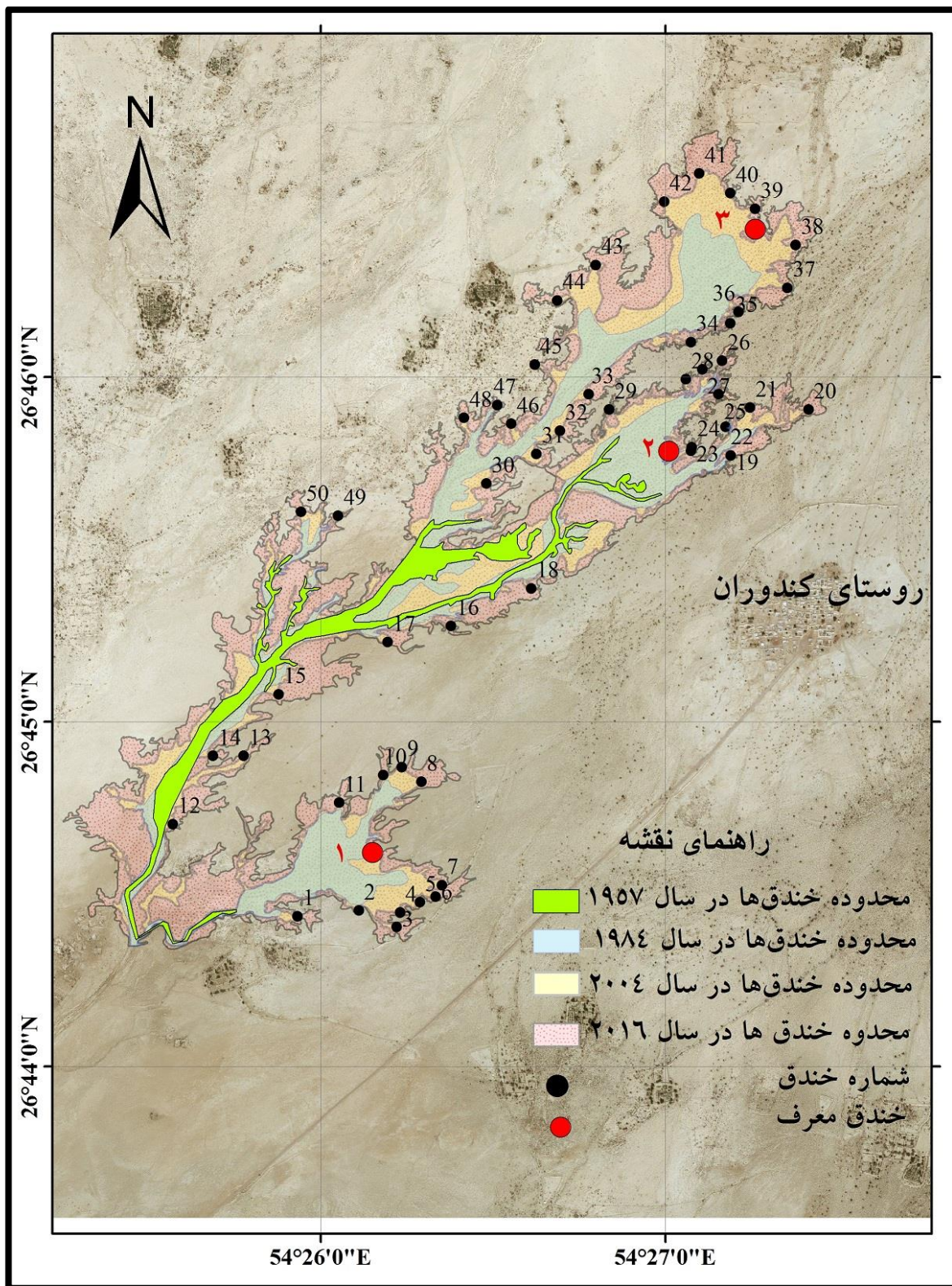
پس از آماده‌سازی کلیه عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای تهیه شده و اجرای تصحیحات و پردازش‌های مورد نیاز، در نهایت نقشه محدوده و مرز کلیه خندق‌های منطقه با استفاده از تفسیر چشمی و تکنیک‌ها و قابلیت‌های سنجش از دور نرم‌افزارهای مورد استفاده برای پنج دوره زمانی تهیه شد. شکل شماره‌ی دو، موقعیت مکانی ۵۰ خندق مورد بررسی و تغییرات سطح فرسایش خندقی را در دوره مطالعاتی ۱۹۵۷ تا ۲۰۱۶ نشان می‌دهد.

نتایج جدول شماره یک نشان می‌دهد که تغییرات مساحت خندق‌ها در طول دوره ۶۰ ساله‌ی ۱۹۵۷ تا ۲۰۱۶، بیانگر افزایش سطح خندق‌های اولیه به بیش از ده برابر است؛ به طوری که مساحت خندق‌ها در عکس‌های هوایی سال ۱۹۵۷ برابر با ۳۲/۴ هکتار بود و در سال ۲۰۱۶ به ۳۷۰/۵ هکتار افزایش یافت. بررسی افزایش سطح خندق‌ها در طی دوره‌های زمانی مختلف بیانگر این است که در ابتدای دوره مورد مطالعه یعنی سال ۱۹۵۷ (۱۳۳۶ شمسی)، سطح اولیه خندق‌های منطقه مورد مطالعه بسیار محدود و برابر با ۳۲/۴ هکتار بود که این رقم در طی دوره ۱۹۵۷ تا ۱۹۸۴ میلادی به ۱۱۲/۸ هکتار افزایش یافت؛

به طوری که در طی یک دوره ۲۸ ساله، ۸۰/۴ هکتار یا به عبارتی سالانه به طور متوسط ۲/۹ هکتار به سطح خندق‌ها اضافه شد.

در طول دوره ۱۹۸۴ تا ۱۹۹۴، سطح خندق‌ها از ۱۱۲/۸ هکتار به ۱۶۱/۸ هکتار افزایش یافت؛ یعنی سالانه به طور متوسط ۴/۹ هکتار به سطح خندق‌ها افزوده شد. این سطح در طی دوره ده ساله‌ی بعدی یعنی ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۴، از ۱۶۱/۸ به ۲۰۶/۳ هکتار رسید که سالانه به طور متوسط رقمی برابر ۴/۵ هکتار را شامل می‌شد. این رقم در طول دوره هشت ساله‌ی ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۲ نیز رشد زیادی داشت و از ۲۰۶/۳ هکتار به ۳۱۶/۳ هکتار افزایش یافت که میزان سالانه ۱۳/۷۵ هکتار را نشان می‌داد.

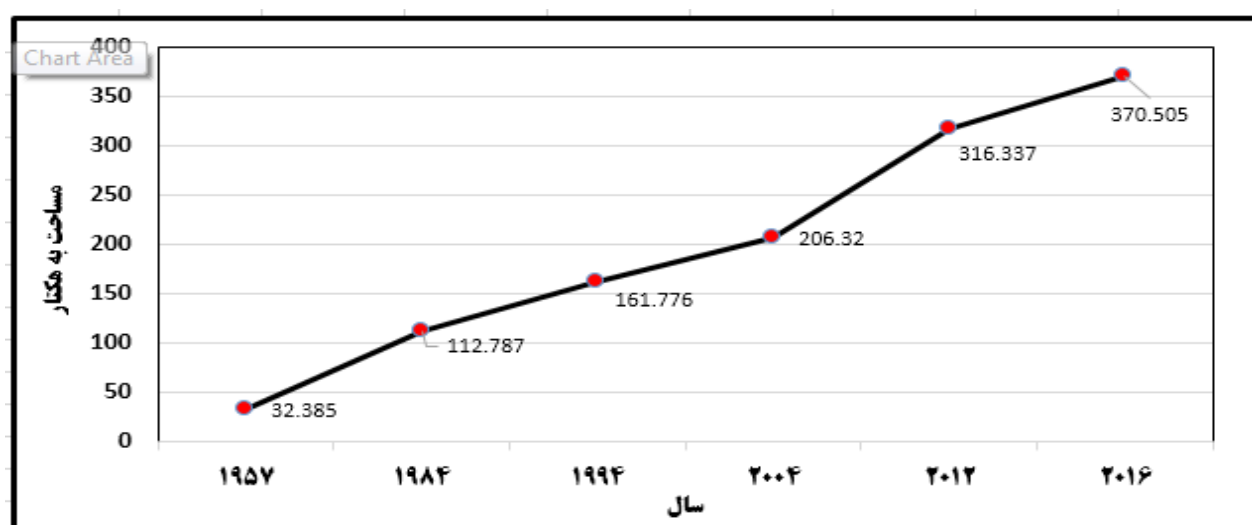
تغییرات فرسایش خندقی در منطقه مورد مطالعه در سال‌های بعد نیز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای GeoEye — که نسبت به تصاویر ماهواره لندست از دقت بسیار بالاتری برخوردار بود — بررسی شد. نتایج این بررسی نشان داد که در طی دوره چهار ساله ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۶، سطح خندق‌ها از ۳۱۶/۳ هکتار به ۳۷۰/۵ هکتار افزایش یافت؛ یعنی سطحی معادل ۵۴/۲ هکتار به سطح خندق‌ها افزوده شد که میزان رشد ۱۳/۵ هکتار در سال را به همراه داشت.



شکل ۲: تغییرات سطوح خندقی در دوره‌های مورد بررسی (۱۹۵۷- ۲۰۱۶)

جدول ۱: مساحت خندق‌ها در دوره‌های مختلف مورد بررسی (۱۹۵۷-۲۰۱۶)

ردیف	سال	مساحت (هکتار)	میزان افزایش سطح نسبت به دوره قبل (هکتار)	میزان رشد سالانه (هکتار)
۱	۱۹۵۷	۳۲/۴	-	-
۲	۱۹۸۴	۱۱۲/۸	۸۰/۴	۲/۹
۳	۱۹۹۴	۱۶۱/۸	۴۹	۴/۹
۴	۲۰۰۴	۲۰۶/۳	۴۴/۵	۴/۵
۵	۲۰۱۲	۳۱۶/۳	۱۱۰	۱۳/۷
۶	۲۰۱۶	۳۷۰/۵	۵۴/۲	۱۳/۵



شکل ۳: تغییرات مساحت خندق‌ها در طی دوره (۱۹۵۷ - ۲۰۱۶)

گسترش طولی خندق‌ها

برای بررسی بیشتر رشد طولی خندق‌های منطقه مورد مطالعه، تعداد ۵۰ خندقی که امکان شناسایی و پایش رأس آنها در داده‌های مورد استفاده وجود داشت، به صورت دقیق بررسی شد که موقعیت جغرافیایی آنها در شکل شماره‌ی دو قابل مشاهده است. با توجه به گستره اندک خندق‌ها در سال ۱۹۵۷ و با توجه به اینکه بخش بزرگی از این خندق‌ها در آن سال وجود نداشته‌اند، سال ۱۹۸۴ مبنای بررسی و تحلیل تغییرات طولی خندق‌های منطقه قرار گرفت.

نتایج جدول شماره دو نشان می‌دهد که میانگین رشد طولی این ۵۰ خندق در دوره ۲۰۱۲-۲۰۰۴، بیش از دوره‌ی بیست ساله ۱۹۸۴-۲۰۰۴ و دوره پایانی ۲۰۱۶-۲۰۱۲ بوده است. بر اساس جدول فوق، میزان متوسط سالانه در طی دوره بیست ساله

۱۹۸۴ تا ۲۰۰۴ میلادی برابر با ۴/۹ متر بود. این روند در طی دوره هشت ساله ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۲ میلادی به ۶/۸ متر در سال افزایش یافت، اما در دوره پایانی ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۶، این روند کاهش و به ۲/۹ متر در سال رسید. همچنین متوسط میزان رشد بلند مدت فرسایش در طی دوره ۳۲ ساله ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۶، از کمیته ۰/۷ متر در خندق شماره ۲۲ تا ۱۲/۴ متر در خندق شماره ۳۸ متغیر بود.



شکل ۴: نمایی از خندق‌های موجود در منطقه کندوران

جدول ۲: محاسبه‌ی رشد طولی خندق‌ها در طی دوره‌های مختلف

شماره خندق	۱۹۸۴-۲۰۰۴	۲۰۰۴-۲۰۱۲	۲۰۱۲-۲۰۱۶	جمع	متوسط بلند مدت هر خندق
۱	۷۹/۸۳	۱۰۲	۱۷/۵	۱۹۹/۳	۶/۲
۲	۳۱	۱۱	۱	۴۳	۱/۳
۳	۲۰۴/۹	۱۲۱	۲۱	۳۴۶/۹	۱۰/۸
۴	۱۶۱	۵۱/۱	۲/۲	۲۱۴/۳	۶/۷
۵	۱۵۳	۴	۱۱/۷	۱۶۸/۷	۵/۳
۶	۱۶۱/۲	۱۵	۱۱/۵	۱۸۷/۷	۵/۹
۷	۱۶۵/۶	۲۲/۳	۱۰	۱۹۷/۹	۶/۲
۸	۱۱۲/۴	۱۰۹/۱	۲۵/۸	۲۴۷/۲	۷/۷
۹	۷۹/۹	۶/۳	۵/۱	۹۱/۳	۲/۹
۱۰	۴۶	۹۷	۵۵/۱	۱۹۸/۱	۶/۲

۱/۴	۴۴/۷	۹/۸	۱۶/۸	۱۸/۱	۱۱
۲/۹	۹۲/۹	۸/۶	۳۳/۴	۵۰/۹	۱۲
۶/۶	۲۱۱	۳/۳	۱۲۲	۸۵/۷	۱۳
۴/۶	۱۴۸/۱	۳/۶	۷۴/۵	۷۰	۱۴
۷/۲	۲۳۱/۴	۶۸/۱	۹۷	۶۶/۳	۱۵
۷/۸	۲۴۹/۹	۴۲/۹	۹۹	۱۰۸	۱۶
۴/۹	۱۵۷/۱	۲/۴	۹۹/۴	۵۵/۹	۱۷
۳/۸	۱۲۲/۷	۴/۱	۶۴/۵	۵۴/۱	۱۸
۱/۸	۵۷/۶	۵/۷	۴۵	۶/۹	۱۹
۱/۳	۴۰/۳	۳/۶	۱۰	۲۶/۷	۲۰
۵	۱۵۸/۶	۴	۲۹	۱۲۵/۶	۲۱
۰/۷	۲۲/۷	۲/۸	۱۱/۴	۸/۵	۲۲
۳/۱	۹۹	۱۱	۲۰	۶۸	۲۳
۲/۵	۸۱/۳۹	۸/۶	۳۱/۷۹	۴۱	۲۴
۴	۱۲۶/۷	۵/۳	۴۸/۴	۷۲/۹	۲۵
۴/۵	۱۴۳/۸	۴/۴	۵۷/۲	۸۲/۲	۲۶
۳/۱	۹۷/۹	۳/۹	۲۵/۳	۶۸/۸	۲۷
۳/۵	۱۱۱	۱۱	۳۸	۶۲	۲۸
۷/۳	۲۳۴	۷/۲	۷۸/۸	۱۴۸	۲۹
۴/۷	۱۵۱/۶	۷/۲	۵۵/۱	۸۹/۳	۳۰
۵/۱	۱۶۲/۷	۱۱/۲	۸۰	۷۱/۶	۳۱
۴/۱	۱۳۲/۴	۴/۷	۷۶/۷	۵۱	۳۲
۱/۷	۵۵/۲	۵/۳	۶/۴	۴۳/۵	۳۳
۴/۳	۱۳۷/۶	۴	۲۵/۷	۱۰۷/۹	۳۴
۳/۲	۱۰۳/۱	۴/۲	۱۶/۲	۸۲/۷	۳۵
۳/۶	۱۱۳/۸	۴	۲۷/۸	۸۲	۳۶
۵/۵	۱۷۶/۴	۱۰	۲۲/۳	۱۴۴/۱	۳۷
۱۲/۴	۳۹۷/۲	۳۳/۹	۱۳۷/۹	۳۲۵/۴	۳۸
۷/۲	۲۳۱/۸	۱۳	۳۳/۸	۱۸۵	۳۹
۸/۹	۲۸۵	۱۹	۳۹/۲	۲۲۶/۹	۴۰
۱۱/۹	۳۸۱/۲	۲۱/۲	۱۴۴/۶	۲۱۵/۴	۴۱
۹/۳	۲۹۸/۱	۱۲/۲	۱۳۴/۸	۱۵۱/۱	۴۲
۱۰/۳	۳۳۰	۲/۲	۹۸/۴	۲۲۹/۴	۴۳
۴/۹	۱۵۶/۹	۶	۱۸/۹	۱۳۲	۴۴
۵/۵	۱۷۷	۱	۲۰	۱۵۶	۴۵
۴/۷	۱۵۰/۴	۴/۱	۵۸/۶	۸۷/۷	۴۶
۱/۹	۶۱	۵	۳۴/۳	۳۱/۸	۴۷
۳/۴	۱۰۹	۷/۳	۲۷/۸	۷۴	۴۸
۴/۶	۱۴۷/۷	۱۲/۵	۶۷	۶۸/۲	۴۹

۵	۱۶۱	۳۱/۸	۶۶/۳	۶۳	۵۰
۵/۲	متوسط دراز	۱۱/۸۲	۵۴/۴۴	۹۸/۶۳	متوسط دوره
	مدت	۲/۹۵	۶/۷۵	۴/۹۳	نرخ متوسط

طبقه‌بندی خندق‌ها

برای تعیین خصوصیات مورفومتریک خندق‌های منطقه مورد مطالعه، بر اساس روش مورد استفاده‌ی Zare Mehrjerdi و همکاران (۲۰۰۴) ابتدا از میان خندق‌های موجود، سه خندق (شکل شماره‌ی ۲) — که از جهات مختلف معرف سایر خندق‌های منطقه مورد مطالعه بود — انتخاب شد و خصوصیات مورفومتریک آنها از قبیل طول خندق، عمق و عرض بالا و پایین آن در رأس و مقاطع ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد طول آنها اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول شماره‌ی سه مشاهده می‌شود.

جدول ۳: ابعاد هندسی خندق‌ها در محدوده مورد مطالعه

محل	راس خندق			مقطع ۲۵٪ از طول (متر)			مقطع ۵۰٪ از طول (متر)			مقطع ۷۵٪ از طول (متر)		
	عمق (متر)	عرض بالا	عرض پایین	عمق	عرض بالا	عرض پایین	عمق	عرض بالا	عرض پایین	عمق	عرض بالا	عرض پایین
خندق ۱	۲/۶	۱۷/۸۵	۱۷/۴۵	۳	۱۱/۹	۸/۷۵	۲/۶	۱۴/۲	۱۳/۵			
خندق ۲	۱/۸	۱۲/۵	۹/۸	۲/۵	۱۲/۳۰	۸/۶	۲/۴۰	۱۶	۱۰/۲۰			
خندق ۳	۳/۲	۳/۵۵	۷/۲	۳/۶	۱۰/۹	۸/۸	۴/۱	۲۲/۵	۱۱/۶			



شکل ۵: نمایی از رأس یکی از خندق‌های مورد بررسی

بر اساس مطالعات میدانی و داده‌های برداشت شده، خندق‌های محدوده مطالعاتی در اراضی دشتی، با پلان عمومی پنجه‌ای، نیمرخ رأس عمودی و در کلاس عمق متوسط قرار می‌گیرند و از لحاظ شکل مقطع عرضی نیز مقطع U شکل دارند.

خاک و پوشش گیاهی

به منظور تعیین خصوصیات خاک خندق‌های مورد مطالعه، پس از انتخاب خندقی که معرف سایر خندق‌های منطقه باشد، نمونه برداری خاک از رأس خندق انجام شد و پس از آن، نمونه‌های برداشت شده برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد که نتایج آن در جدول شماره سه ارائه شده است.

جدول ۳: خصوصیات خاک خندق مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه

بافت	رس (%)	شن (%)	سیلت (%)	ظرفیت تبادل کانیونی meg/100g r	نسبت جذب سدیم	کلسیم + منیزیم meq/l it	سدیم meq/lit	هدایت الکتریکی mmhos/cm	اسپدیتنه	رقب
سیلت	۲۱	۵	۷۴	۶۵/۲	۲۲/۸	۳۷/۶	۹۹	۱۳/۵	/۶	۰-۳۰
سیلت	۳	۱۵	۸۲	۸۶/۸	۱۲/۱	۵۸	۶۵	۱۷/۵	/۵	۳۰-۷۵
سیلت	۴	۱۷	۷۹	۶۵/۲	۲۰/۹	۱۰۰	۱۴۸	۳۰/۳	/۵	۷۵-۱۳۰
سیلت	۱۹	۱۱	۷۰	۹۱/۲	۱۹/۸	۸۶	۱۲۹	۲۴/۴	/۲	۱۳۰-۱۸۰
سیلت	۵	۹	۸۶	۹۱/۸	۲۶/۸	۹۵	۱۸۵	۳۳/۲	۱۱	۱۸۰-۲۵۰

بر اساس داده‌های به دست آمده، منطقه دارای خاکی عمیق تا خیلی عمیق با بافت متوسط تا سبک (سیلت، سیلت لوم و شن لومی) و درصد سیلت زیاد است. همچنین شوری زیاد تا خیلی زیاد و وجود املاح زیاد در خاک، از مشخصات دیگر خاک منطقه به شمار می‌رود. همچنین نتایج نشان می‌دهد که پایداری خاکدانه‌ها بسیار کم و خاک دارای خاصیت پخشیده است.

بررسی‌های میدانی پژوهش فوق نشان داد که از نظر پوشش گیاهی، گونه‌های غالب منطقه مورد مطالعه شامل گونه‌های گیاهی ترات، سیاه شور، سلمکی ساقه سقید، زیبای شوره‌زار، تج، کهور، دهیر، گبر، گز و کنار است.

بحث و نتیجه گیری

بر اساس بررسی‌های صحرائی و اندازه‌گیری ابعاد هندسی خندق‌های مورد مطالعه، می‌توان گفت خندق‌های منطقه از نظر دوره تکامل، پیوسته یا مسن و پلان عمومی آنها پنجه‌ای است و از نظر عمق، عمق متوسط دو تا چهار متر دارد. پلان رأس خندق، شاخه‌ای و پروفیل رأس آن، عمودی و شکل مقطع آن نیز U شکل است. پیش‌روی خندق‌ها از رأس آنها و

بیشتر تحت عمل تونلی‌شدن صورت می‌گیرد؛ به طوری که حجم بسیار عظیمی از خاک در رأس خندق و کناره‌های آن نشست و ریزش می‌کند.

منطقه‌ی مورد مطالعه، دشت سیلابی نسبتاً مسطحی است که پستی و بلندی کم و شیب ملایمی دارد و از مواد رسوبی ریز سیلاب‌ها در طی ادوار گذشته به وجود آمده‌است. سیل‌گیر بودن و وجود تعداد بسیار زیاد آبراهه‌های کم عمق موازی، از مشخصات دیگر این دشت است که عامل مهمی در ایجاد فرسایش خندقی در منطقه به شمار می‌رود.

بر اساس داده‌های نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰ و بررسی‌ها و عملیات میدانی که در منطقه مورد مطالعه انجام شده‌است، مشخص شد که سازندهای زمین‌شناسی غالب حوضه شامل سازندهای تبخیری گچساران متشکل از لایه‌های ژیبس و انیدریت، سازند میشان متشکل از لایه‌های عمدتاً مارنی و آهکی، و رخنمون‌های سازند آغاچاری متشکل از ماسه سنگ، مارن و گنبد‌های نمکی است. گنبد‌های نمکی نیز عمدتاً متشکل از ترکیبات نمکی، مارن و رس‌های ارغوانی رنگ و شیل و سنگ‌های آذرین است. در مجموع، اراضی مسطح دشت از آبرفت‌های دوران چهارم زمین‌شناسی تشکیل می‌شود که حاصل فرسایش سازندهای آغاچاری، میشان، گچساران و گنبد‌های نمکی است.

همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش مقدار رس خاک، رشد حجمی خندق کاهش می‌یابد. همچنین ریزدانه بودن ذرات تشکیل‌دهنده سازندهای زمین‌شناسی مانند سیلت و شن، بستر بسیار مناسبی برای پیشروی خندق‌ها به وجود آورده‌است. مارن‌های شور و گچی نیز با درصد بالای سیلت و نهشته‌های رسی سیلتی دوران سوم و چهارم، زمینه مناسبی را برای ایجاد خندق‌های متراکم در منطقه فراهم کرده‌است.

با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، پوشش گیاهی طبیعی این حوضه فقیر است و تنوع چندانی ندارد؛ به طوری که بر اساس مطالعات میدانی که در منطقه انجام شده‌است، درصد تاج پوشش حدود ۷/۵ درصد تخمین زده شده که پنج درصد آن پوشش بوته‌ای و ۲/۵ درصد آن را پوشش درختی در بر می‌گیرد و همین امر می‌تواند یکی دیگر از عوامل وجود فرسایش در منطقه باشد.

بر اساس بررسی‌های صحرایی انجام شده، بعضی از قسمت‌های منطقه تحت کشت نخیلات است که در اثر توسعه‌ی خندق‌ها و تغییر کاربری، از بین رفته یا رها شده‌اند. وجود نخیلات در اطراف اراضی خندقی، شاهدهی بر صحت این اظهارات است.

بررسی داده‌های بارندگی ایستگاه‌های همدیدی بندرلنگه و ایستگاه باران‌سنجی حسینه بیانگر این موضوع است که در کل، نزولات جوی در این منطقه به صورت باران با شدت زیاد می‌باشد؛ به طوری که از تعداد ۱۰۱۲ رخداد بارندگی ایستگاه بندرلنگه حد فاصل سال‌های ۱۳۴۴ تا ۱۳۹۷، تعداد ۲۲۶ رخداد ایستگاه فوق دارای بارش بیش از ۱۰ میلی‌متر در روز بوده‌است. این موضوع برای ایستگاه حسینه نیز بررسی شد و داده‌های حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته این ایستگاه باران‌سنجی نیز بیانگر شدت بالای بارش حداکثر ۲۴ ساعته در این منطقه بود؛ به طوری که ارقام بالای ۵۰ میلی‌متر، بخش قابل توجهی از باران‌های حداکثر ۲۴ ساعته منطقه را به خود اختصاص داده بود. در مجموع، بارندگی‌های منطقه از شدت بالایی برخوردار

است که با توجه به سیل‌گیر بودن منطقه مورد مطالعه می‌تواند یکی از دلایل گسترش سطحی و طولی و توسعه بیش از حد خندق‌های منطقه باشد که این موضوع با نتایج پژوهش Zare Mehrjerdi و همکاران (۲۰۰۷)، Nohegar و همکاران (۲۰۱۱) و Tavakoli rad و همکاران (۲۰۱۴) همخوانی دارد.

نتایج بررسی دوره‌های مختلف نشان داد که مساحت خندق‌های منطقه مورد مطالعه از ۳۲ هکتار در سال ۱۹۵۷ به بیش از ۳۷۰ هکتار در سال ۲۰۱۶ یعنی در طی یک دوره ۶۰ ساله به حدود ده برابر رسیده که معادل ۵/۶ هکتار در سال است.

همچنین بررسی میانگین رشد طولی در ۵۰ خندق مورد بررسی نشان داد که با وجود بالا بودن میزان رشد طولی خندق‌های منطقه اما در طی دوره چهار ساله پایانی، این رقم به شکل قابل توجهی کاهش یافت و به عدد ۲/۹۵ متر در سال رسید که مهم‌ترین دلیل آن، اقدامات مکانیکی و بیومکانیکی در محدوده بالادست خندق‌ها بود که توسط اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان هرمزگان برای کنترل رواناب‌ها انجام شد.

به طور کلی، یافته‌های پژوهش بیانگر میزان بالای رشد طولی خندق‌ها در دوره مورد مطالعه (۱۹۵۷-۲۰۱۶) بود که به طور متوسط ۵/۲ متر در سال است که نسبت به تحقیقات انجام شده در داخل و خارج از کشور رقم بالایی است؛ به طور مثال، Ghezelsofloo و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهش خود میزان فرسایش سالانه ۰/۹۹ متر را برای حوضه شوردره و Ahmadi و همکاران (۲۰۰۷) میزان رشد سالانه ۰/۲۰۶ متر را برای حوضه حبله‌رود برآورد کردند. در سایر پژوهش‌های انجام شده Rostamizad و همکاران (۲۰۱۹) نیز میزان رشد سالانه ۰/۸۵ متر را برای شهرستان دره‌شهر، Tavakoli Rad و همکاران (۲۰۱۴) ۱/۲۹ متر را در حوضه سمل بوشهر، Nazari Samani و همکاران (۲۰۱۴) رشد ۱/۳ متری را برای حوضه آبخیز دره کره بیان کرده‌اند. در مطالعات انجام شده در سایر کشورها نیز Malik (۲۰۰۷) میزان متوسط فرسایش خندق‌های کوچک را ۰/۶۳ متر در سال و میزان متوسط فرسایش خندقی در شیب‌ها را ۰/۵۲-۰/۲۱ متر در سال برآورد کرده‌است. همچنین Millington و همکاران (۲۰۱۳) طی بررسی‌های صورت گرفته بر روی خندق‌های کوچک در فلات جنوبی لهستان، میزان متوسط فرسایش خندقی در شیب‌ها را ۰/۲۱ تا ۰/۵۱ متر در سال برآورد کرده‌اند. در پژوهشی دیگر نیز میزان رشد خندق توسط Pellikka و همکاران (۲۰۰۵) برای تپه‌های تیتای کنیا به مقدار ۰/۱ تا ۰/۷ متر در سال محاسبه شد.

در مجموع، نتایج پژوهش فوق نشان داد که حساسیت بالای سازندهای گروه فارس به فرسایش، اقلیم خشک منطقه، ضعف و تخریب پوشش گیاهی و شدت بسیار بالای بارندگی‌های ۲۴ ساعته منطقه، فقدان مدیریت سیلاب، دخالت‌های انسانی در انحراف و تمرکز سیلاب، درصد بسیار بالای سیلت خاک، رهاسازی اراضی دیم و وجود شبکه گسترده‌ای از جاده‌های دسترسی محلی، دلایل بالا بودن رشد طولی خندق‌ها در منطقه مورد مطالعه است که با نتایج پژوهش Karimi و همکاران (۲۰۰۷)، Mohammad Ebrahimi و همکاران (۲۰۱۷)، Asghari Sarskanrood (۲۰۱۷) و Besharati و همکاران (۲۰۱۸) همخوانی دارد.

منابع

1. Ahmadi, H.; Mohammadi, A. A.; Ghodoosi, J.; & A. Salajegheh, 2007. Estimation of longitudinal growth rate of Gully erosion using models with determining the best model (a case study: Hable Rood Watershed), 4th National conference on Watershed Management Sciences and Engineering of IRAN (in Persian).
2. Asghari saraskanroud, S., 2017. Analysis of affecting factors on creating Gully in the eastern shores of Urmia Lake, *Journal of GeographicalSpace*, 58, 17 (in Persian).
3. Besharati, B.; Abedini, M.; & S. Asghari, 2018. Analyzing and Investigating Effective Factors on Creating and Promoting Gully Erosions in Shorchay Watershed, *Geographic Research*, 33, 2 (in Persian).
4. Desmet, P. J. J., & G. Govers., (1997). Two-dimensional modelling of the within -field variation in rill and gully geometry and location related to topography. *Catena*. 29, 283-306.
5. Ghezelsofloo, A. A.; Maghrebi, M.; & F. Daroughe, 2018. Identification of Expansion Rate in Active Gullies using Remote Sensing, *Journal of Water and Sustainable Development*, 5, 1, 67- 72 (in Persian).
6. Hadley, R. F., & B. N. Rolfe., (1955). Development and significance of seepage steps in slope erosion. *Trans. Am. Geoph. Un.* 36(5), 792-804
7. Hossain zadeh, M. H.; Esmaili, R.; Joori, H.; & S. Poor Kalhor, 2011. Classification of gullies based on morphometric features using Multivariate statistical technique (Case study: Firooz Kola – Nowshahr), *Journal of Earth Science Researches*, 3, 29-40 (in Persian).
8. Iranmanesh, F.; Charkhabi, A. H.; & N. Jalali, 2006. Measurement of morphometric properties of gullies in the southeast of Iran using Landsat images, *Journal of Water and Soil Science*, 10(1), 233-245 (in Persian).
9. Leopold, L. B., 1951. Rainfall Frequency: An aspect of climatic variation, *Advancing Earth and Space Science*, 32 (3), 347-357.
10. Karimi, M.; Samani, V.; & J. Ghodoosi, 2007. Investigating the factors affecting the growth of Gully erosion and predicting its longitudinal growth, 10th Soil Science Congress of Iran (in Persian).
11. Martinez-Casasnovas, J. A., 2003. A spatial information technology approach for the mapping and quantification of gully erosion, *Catena*, 50 (2-4), 293-308.
12. Maerker, M., & G. Quénehervé., (2015). A simple DEM assessment procedure for gully system analysis in the Lake Manyara area, northern Tanzania. *Natural Hazards*. 79 (1), 235-253.
13. Malik, I., 2007. Dating of Small gully formation and establishing erosion rates in old gullies under forest by means of anatomical changes in exposed tree roots (Southern Poland). pp. 41-82.
14. Millington, A. C.; Walsh, S. J.; & P. E. eds. Osborne, 2013. GIS and remote sensing applications in biogeography and ecology (Vol. 626). *Springer Science & Business Media*.
15. Mohammad Ebrahimi, M.; javadi, M. J.; & M. vafakhah, 2017. Determination of effective factors on the occurrence of digitated gully erosion in the AghEmam(2) watershed, *Journal of water and soil*, 30, 6 . 10.22067/JSW.V30I6.42860 (in Persian).
16. Nazari Samani, A.; Avazadeh tavakoli, F.; Ahmadi, H.; & G. R. Rahi, 2014. Determining of Effective Factors on Gully Longitudinal Advancement (Case study: Dareh Koreh Watershed), 67(1), 117-126 (in Persian).
17. Nisi, S.; Khalili Moghadam, B.; & A. Zorati Poor, 2017. Modeling of the impact factors on the length development of the marl gullies and determined of the sediment contribution of them (case

- study: Darb Khazine Basin), *Journal of Range and Watershed Management*, 70(2), 531-541(in Persian).
18. Nohegar, A., & M. Heydarzadeh., (2011). The study of physical - chemical characteristics and morphometry of gullying area (case study: Gezir, Hormozgan province). *Environmental Erosion Research Journal*, 1(1), 29-44 (in Persian).
19. Pellikka, P. K. E.; Clark, B. J. F.; Sirvi, T.; & K. Masalin, 2005. Environmental change monitoring applying satellite and airborne remote sensing data in the Taita Hills, Kenya. In Proceedings of the 1st International Conference on Remote Sensing and Geoinformation Processing in the Assessment and Monitoring of Land Degradation and Desertification, Trier, Germany, 223-232.
20. Poesen, J.; Vandekerckhove, L.; Nachtergaele, J.; Oostwoud Wijdenes, D.; Verstraeten, G.; & B. van Wesemael, 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.
21. Rostamizad, G.; Salajeghe, A.; Nazari Samani, A. A.; & J. Ghodoosi, 2015. Determining the factors affecting the longitudinal growth of ditches and predicting its expansion (a case study : Dareh Shahr), *Quantitative Geomorphological Researches*, 4, 1 (in Persian).
22. Servati, M. R.; Ghodosi, J.; & M. Dadkhah, 2008. Effective factors in the formation and expansion of gully erosion in Loes, *Journal of Pajouhesh and Sazandegi*, 78, 20-23 (in Persian).
23. Shadfar, S., 2011. Introduction to the Gully Erosion, Entekhab Press, 152 pages (in Persian).
24. Shadfar, S., 2015. Application of fuzzy logic operators for investigation of gully erosion using GIS, case study: Troud Watershed, *Geography Information Journal*, 23(92), 35-42 (in Persian).
26. Tavakoli rad, F.; Ahmadi, H.; Nazari Samani, A. A.; Rahi, G.; & I. Abasi, 2014. Using Aerial Photos and GIS Capabilities to Estimate Gullyhead Advancement (Case Study: Samal Watershed, Bushehr Province), *Iranian Remote Sensing & GIS*, 6, 3(in Persian).
27. Valentin, C.; Poesen, J.; & Y. Li, 2005. Gully erosion: impacts, factors and control, *Catena*, 63(2-3), 132-153.
28. Vrieling, A.; Rodrigues, S. C.; Bartholomeus, H.; & G. Sterk, 2007. Automatic identification of erosion gullies with ASTER imagery in the Brazilian Cerrados, *International Journal of Remote Sensing*, 28(12), 2723-2738.
29. Zakerinejad, R., & M. Marker., (2014). An integrated assessment of soil erosion dynamics with special emphasis on gully erosion in the Mazayjan basin, southwestern Iran. *Natural Hazards*, DOI 10.1007/s11069.
30. Zare Mehrjerdi, M.; Soofi, M.; & S. Choopani, 2004. Investigation of morphoclimatic characteristics of gullies in Hormozgan province. Research project report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 55 Pages (in Persian).
31. Zare Mehrjerdi, M.; Soleimanpour, S. M.; & L. Jokar, 2014. Measuring and comparing the length of ditches by field method and using ETM satellite images in Alam Rudasht region of Fars province. Second National Conference on Sustainable Agricultural Development and Healthy Environment (in Persian).

Assessment of long-term changes of Gully Eroiosn Growth in Kondouran Catchment, Hormozgan Province

Mahmood Damizadeh¹: Assistant Professor, Soil Conservation & watershed Management Research Institute

Samad Shadfar: Associate Professor, Soil Conservation & watershed Management Research Institute

Article History (Received: 2021/01/02 Accepted: 2021/07/15)

Extended Abstract

1-Introduction

Gully erosion is the most obvious form of soil erosion, which leads to reduced production capacity, significant soil losses, and the production of large amounts of sediment and restricting land use. It can be a severe risk to agricultural areas and villages' roads and structures. Due to the lack of information on soil erosion and sediment production in many watersheds of the country, the use of new technologies such as remote sensing and GIS is necessary so that the use of this technology can be a valuable source of information to understand the trend of Gully changes. The study area is located in the west of Bandar-e-Lengeh city in the Hormozgan provinc. The approximate geographic coordinat is 54° 19' 11" to 54° 30' 40 longitudes and 26° 40' 57" to 26° 56' 04" latitude. The study area is mainly formed by sedimentary rocks belonging to the Mesozoic period (Fars group formations) with low permeability. This factor, along with the low rainfall and very high intensity, has destructive effects on natural resource ecosystems.

2- Methodology

This research is focused on gully erosion mapping and monitoring at multiple spatial scales using multi-source Arial photo and remote sensing data for gullies extend in the past decades. Aerial photos of 1957, Landsat satellite images of 1994, 1984, 2004, and GeoEye satellite images for 2014 and 2016 have been used to study the long-term changes in the growth of Gully erosion. Image visual interpretation with field verification was employed to map the geometric gully features and evaluate the growth of the gully in the last 60 years.

3- Results

The results showed the gully areas increased from 112 hectares to 206 hectares from 1984 to 2004. The results also show that during the period 2004 to 2014, the gully areas increased from 206 hectares to 316 hectares and 370 hectares in 2014 to 2016.

50 gullies were studied to investigate the longitudinal growth of ditches in the study area. The results show the annual rate of gullies' longitudinal growth is 4.9 meters for 1984-2004 and 6.8 and 2.95 meters for 2004 to 2012 and 2012 to 2016 periods, respectively.

4- Discussion & Conclusions

The long-term growth rate of gullies in the study area (1975-2016) is an average of 5.2 meters per year, which is very high comparing to researches conducted in the world and Iran. For example, in their study, Ghezsofloo et al. (2018) estimated the annual erosion rate of 0.99 m for the Shurdreh catchment, and Ahmadi et al. (2007) estimated the annual growth rate of 0.206 m for the Hablehroud basin.

In other studies, conducted by Rostamizad et al. (2015), the annual growth rate of 0.85 m for the city of Darhshahr, Tavakoli Rad et al. (2014) 1.29 m in the Samal Basin of Bushehr, Nazari Samani et al. (2014), growth 1.3 meters for the Kore Dareh catchment.

¹ Corresponding Author: Damizadeh@yahoo.com

In other countries, Malik (2007) estimated the average erosion rate of the small gully at 0.63 m per year. Millington et al. (2013) also estimated the average rate of gully erosion on slopes from 0.21 to 0.51 m per year on the southern plateau of Poland.

In another study, the growth rate of the ditch was calculated by Pellikka et al. (2005) for the Tiata hills of Kenya as 0.1 to 0.7 m per year.

In addition, the research results show that the High sensitivity of Fars Group formations to erosion, arid climate, weakness and degradation of vegetation and very high intensity of 24-hour rainfall in the study area, lack of flood management are main reasons for the high longitudinal growth of gully in the study area. Other reasons are human manipulation in flood diversion and concentration, a very high percentage of soil silt, release of rainfed lands and the existence of a wide network of local access roads. The results are consistent with the results of Karimi et al. (2007), Mohammad Ebrahimi et al. (2017), Asghari Sarskanrood (2017), Besharati et al. (2018).

Key Words: Arial Photo, Gully Expansion, longitudinal growth, Satellite Images.