Archive of SID

ISSN: 1019-7052. Iranian Journal of Geographical Researches
2018; 33(3): 206-222. DOI: 10.29252/geores.33.2.206

Analyzing and Investigating Effective Factors on Creating and Promoting Gully Erosions in Shorchay Watershed

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Besharati B.[1] MA
Abedini M.[*] PhD
Asghari S. [2] PhD

How to cite this article
Besharati, B., Abedini, M., & Asghari, S. (2018). Analyzing and investigating effective factors on creating and preomoting gully erosions in shoorchay watershed. Iranian Journal of Geographical Researches. 2018; 33(3):206-222.
DOI: 10.29252/geores.33.2.206

ABSTRACT

Introduction and Background: Gully erosion is one of the most advanced kind of water erosion that carries a lot of sediment and causes various environmental challenges. Therefore, identifying and investigating of effective factors is necessary on forming and promoting of erosion in study area.

Aims: The aim of this study is to evaluate the factors influencing on dynamic of area Gullies in a one year time period.

Methodology: In this study, electrical conductivity, sodium absorption ratio, PH, soil type and WS index has been used for analyzing of gully erosion potential.

Conclusion: Results indicate that according to WS index the study basin has much potential for gully erosion as of gullies morphometry indicates much speed of promotion of gullies, laboratory results of sample soils of soluble minerals, SAR, electrical conductivity, the amount of sodium in soil are effective on piping erosion are the most important effective factors on formation and promotion of gully erosion and morphometric characteristics of gullies. It is thought from the results of study that physical and chemical conditions of soil and rainfall have been effective on soil erosion and gullies development from length and width.

Keywords: Gully Erosion, Morphometry, Physical and Chemical Characteristics of Soil, Shoorchay Basin

[1]Department of Geomorphology, Faculty of Literature and Humanities, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran
[*] Department of Geomorphology, Faculty of Literature and Humanities, Mohaghegh Ardabili. University, Ardabil, Iran
2Department of Geomorphology, Faculty of Literature and Humanities, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

Correspondence
Abedini@uma.ac.ir

CITATION LINKS

(Abedini, 2009); (Abedini, 2013); (Ahmadi, 1999); (Asghari Saraskanroud, 2017); (Bayati Khatibi, Rajabi, & Karami, 2011); (Conoscenti et al., 2014); (Danladi & Ray, 2014); (Deng et al., 2015); (Ehiz & Omougbo, 2013); (Feizenya, Heshmati, Ahmadi, & Ghodousi, 2007); (Ghodousi & Davari-Rad, 2012); (Ismail-Nejad, Sayed-Mohammadi, & Bakhshipour, 2012); (Jahanatigh & Tabeh, 2017); (Kardel & Tajari, 2015); (Khoojeh, Ghodousi, & Esmaeili, 2012); (Mallam, Iguisi, & Tasiu, 2016); (Mohammad Ebrahimi & Vafakhah, 2015); (Nohehgar & Heidarzadeh, 2011); (Oparaku & Iwar, 2018); (Oyegun, Erekaha, & Eludoyin, 2016); (Poesen et al., 2002); (Refahi, 2009); (Rienks, Botha, & Hughes, 2000); (Servati, Ghodousi, & Dadkhah, 2008); (Shadfar, 2010); (Shahrivar, Boon Sung, Jessop, Rahim, & Sufi, 2012); (Shit, Bhunia, & Maiti, 2013); (Tebebu et al., 2010); (Valentin, Poesen, & Li, 2005); (Yousefwand, Habibnejad, Soleimani, & Rezaei Pasha, 2013)

Article History
Received: October 9, 2017
Accepted: July 17, 2018
ePublished: September 17, 2018

Copyright© 2018, ASP Ins. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

www.SID.ir

Archive of SID

فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال سی و سوم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۷، شماره پیاپی ۱۲۹

بشیر بشارتی، دانشجوی دکتری، گروه جغرافیا طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران **Beasharati B. MA**
دکتر موسی عابدینی، دانشیار،گروه جغرافیا طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران **Abedini M. PhD**
دکتر صیاد اصغری، دانشیار،گروه جغرافیا طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل،ایران **Asghari S. PhD**
Abedini@uma.ac.ir

بررسی و تجزیه‌وتحلیل عوامل موثر بر ایجاد و توسعه فرسایش خندقی در حوضه آبخیز شورچای

دریافت مقاله:۹۶/۷/۱۷ پذیرش نهایی:۹۷/۴/۲۶

DOI: 10.29252/geores.33.2.206

چکیده

مقدمه: فرسایش خندقی یکی از پیشرفته‌ترین نوع فرسایش آبی است که مقدار زیادی رسوب را با خود حمل می‌کند و باعث ایجاد چالش‌های مختلف زیست‌محیطی می‌شود

هدف: این تحقیق ارزیابی میزان رشد و عوامل مؤثر در ایجاد خندق‌های منطقه در بازه زمانی یک‌ساله می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق از مقادیر هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، PH، نوع بافت خاک و از شاخص‌های اقلیمی (WS) برای تحلیل استعداد خندق‌زایی منطقه استفاده شده است.

نتیجه‌گیری: بر مبنای شاخص WS حوضه موردمطالعه استعداد زیادی برای فرسایش خندقی دارد. به‌طوری‌که مورفومتری خندق‌ها هم بیانگر سرعت رشد زیاد آن‌ها می‌باشد. نتایج آزمایشگاهی خاک‌های برداشت‌شده از منطقه نشان می‌دهد که نوع سازند، بافت خاک، ساختمان ضعیف خاک‌دانه‌ها، بالا بودن میزان نمک‌های محلول، به‌ویژه مقادیر بالای SAR، هدایت الکتریکی، میزان سدیم جذب‌شده موجود در خاک که مؤثر در رخداد فرسایش تونلی نیز هستند، از مهم‌ترین عوامل مؤثر در شکل‌گیری و گسترش فرسایش خندقی و مشخصات مورفومتریک خندق‌ها می‌باشند. به‌طورکلی شکل‌گیری فرسایش خندقی در منطقه موردمطالعه ازیک‌طرف تحت تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های منطقه و از طرف دیگر تحت تأثیر ویژگی‌های اقلیمی قرار دارد.

واژگان کلیدی: فرسایش خندقی، مورفومتری، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، حوضه شورچای

مقدمه

فرسایش آبی با اشکال مختلفی بر روی زمین ظاهر می‌شود که یکی از پیشرفته‌ترین آن فرسایش خندقی می‌باشد و از عوامل اصلی تخریب زمین محسوب می‌شود که با افزایش جمعیت جهان تشدید می‌شود. فرسایش خندقی به دلیل تولید رسوب و خسارات زیادی که درنتیجه فعالیت‌های انسانی وارد می‌کند از اهمیت زیادی برخوردار است. از طرفی توسعه فرسایش خندقی موجب انباشت مواد در پشت سدها و خسارات فراوان به زمین‌های کشاورزی، تخریب جاده‌ها و شبکه‌های آبیاری می‌شود. با توجه به اینکه بخش زیادی از تلفات خاک مربوط به این نوع فرسایش است و نقش بازدارنده‌ای در توسعه و پیشرفت حوضه‌های آبخیز دارد، شناسایی عوامل مؤثر در وقوع فرسایش خندقی یکی از ابزارهای اساسی جهت مدیریت این پدیده در

www.SID.ir

Archive of SID

منطقه موردمطالعه می‌باشد. خندق، آبراهه‌ای است نسبتاً دائمی که جریان‌های موقت آب در هنگام بارندگی از آن می‌گذرد و مقدار بسیار زیادی رسوب در خود حمل می‌کند. به‌طورکلی وقتی آبراهه‌های فرسایش یافته در سطح زمین به‌اندازه‌ای بزرگ باشد که نتوان آن‌ها را به‌وسیله عملیات کشت و زرع معمولی تسطیح کرد خندق نامیده می‌شود (Refahi, 2009). ایجاد یک فرورفتگی در سطح توپوگرافی باعث تمرکز آب‌های سطحی شده و در اثر انحلال مواد، حفره‌هایی در خاک تشکیل می‌شود و با توسعه کانال و ریزش سقف بریدگی عمودی تشکیل می‌گردد (Feizenya, Heshmati, Ahmadi, & Ghodousi, 2007). عوامل اصلی کنترل‌کننده شرایط بحرانی برای فرسایش خندقی عبارت‌اند از؛ بارش، توپوگرافی، ویژگی‌های خاک و سنگ‌شناسی. این نوع فرسایش زمانی اتفاق می‌افتد که آستانه‌های ژئومورفولوژیکی در اثر افزایش جریان آب و فرسایش‌پذیری رسوب در منطقه از بین بروند (Conoscenti et al., 2014). تغییرات کاربری زمین و تغییرات شدید آب‌وهوایی هم می‌تواند منجر به ایجاد خندق شود (Valentin, Poesen, Li, 2005). فرسایش خندقی هم دارای اثرات محلی شامل از دست دادن حاصلخیزی خاک و کاهش ظرفیت نگه‌داری آب و هم اثرات برون منطقه‌ای شامل پر شدن مخازن سدها و دریاچه‌ها می‌باشد (Tebebu et al., 2010). یکی از عمده‌ترین عوامل افزایش بار رسوب در رودخانه‌های جاری در نواحی نیمه‌خشک محسوب می‌شود (Bayati Khatibi, Rajabi, Karami, 2011). گسترش خندق‌ها موجب تخریب زمین، هدر رفت خاک زمین‌های کشاورزی مرغوب، تحمل هزینه‌های اصلاح زمین، تغییر بازده آبیاری و کاهش رطوبت خاک می‌شوند. همچنین تخریب پوشش گیاهی، تشدید فرایندهای بیابان‌زایی، افت آب‌های زیرزمینی و سرانجام افزایش مواد دامنه‌ای از دیگر اثرات مخرب خندق‌هاست (Kardel, Tajari, 2015). علی‌رغم اهمیت فرسایش خندقی در تولید رسوب و تخریب زمین‌های کشاورزی در حوضه شورچای توجه چندانی به این فرسایش نشده است، توسعه خندق‌ها می‌تواند بهره‌برداری از زمین را مختل کند و موجب انباشت رسوبات در سدها و بندهای احداث‌شده شود و باعث مهاجرت ساکنین روستاها شود. بنابراین لزوم بررسی و مطالعه این فرسایش و دلایل ایجاد و تعیین عوامل مؤثر ضروری به نظر می‌رسد. برای همین امر مطالعات گسترده‌ای در رابطه با فرسایش خندقی در خارج و داخل کشور انجام‌گرفته است.

ثروتی و همکاران (۱۳۸۷) عوامل مؤثر در شکل‌گیری و گسترش فرسایش خندقی در لس‌ها را با استفاده از سنجش‌ازدور موردمطالعه قراردادند و به این نتیجه رسیده‌اند که در شکل‌گیری خندق‌های اراضی لسی نوع سازند، عمق خاک، میزان املاح محلول، SAR، هدایت الکتریکی و میزان سدیم قابل‌تبادل بیشترین تأثیر رادارند (Servati, Ghodousi, & Dadkhah, 2008). عابدینی (۱۳۸۸) در پژوهشی در حوضه لیکوان‌چای اردبیل با استفاده از روش‌های مورفومتری و شاخص‌های هیدرو اقلیمی (WS، HTK) و مدل‌های برآورد رسوب فورنیه، آرنولد و آرنولدوس و تعیین روابط همبستگی ابعاد مختلف خندق‌ها، نتایج نشانگر توسعه خندق‌ها و استعداد منطقه به خندق‌زایی و میزان رسوب‌دهی بالا (متوسط میزان فرسایش خاک ۲۵۳/۷۹ تن در هکتار و مجموع کل فرسایش سالانه خاک در این حوضه ۵۵۵۲۸۴۵ ton/ha/y) نشانگر توسعه خندق‌ها و شدت فرسایش خاک بوده است (Abedini, 2009). نوحه‌گر و حیدر زاده (۱۳۹۰) به مطالعه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و مورفومتری مناطق خندقی در استان هرمزگان پرداخته‌اند. برای بررسی وضعیت فرسایش منطقه از روش‌های مورفومتری خندق‌ها و آزمایش‌های خاک‌شناسی برای تعیین درصد رس، سیلت، آهک، میزان شوری، pH، SAR خاک استفاده گردید. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که افزایش درصد سیلت و رس زمینه‌ساز فرسایش خندقی بوده است (Nohehgar & Heidarzadeh, 2011). اسماعیل نژاد و همکاران (۱۳۹۱) تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و کانی‌شناسی خاک بر مورفولوژی خندق‌ها در اراضی مارنی جنوب استان گیلان را موردمطالعه قرار داده‌اند. با انتخاب خندق‌ها و نمونه‌گیری از خاک قسمت‌های مختلف خندق و انجام آزمایش‌های خاک بر روی نمونه‌ها به این نتیجه رسیده‌اند که شکل‌گیری و ایجاد انواع خندق‌ها تابعی از میزان رس خاک و

www.SID.ir

Archive of SID
 DOI: 10.29252/geores.33.2.206

نوع رس و میزان سدیم محلول تبادلی بوده است (Ismail-Nejad, Sayed-Mohammadi, & Bakhshipour, 2012). خوجه و همکاران (۱۳۹۱) ارتباط خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در گسترش فرسایش خندقی در استان گلستان را بررسی کردند. جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اقدام به نمونه‌برداری خاک خندق‌ها گردیده است و ارتباط ویژگی‌های خاک و رشد خندق‌ها را با استفاده از مدل رگرسیونی ارائه کرده‌اند. نتایج تحقیق نقش مؤثر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به‌ویژه میزان سیلت، املاح محلول و درجه اشباع خاک در شکل‌گیری و گسترش فرسایش خندقی در سازند لسی را نشان می‌دهد (Khoojeh, Ghodousi, & Esmaeili, 2012). عابدینی (۱۳۹۲) با استفاده از روش‌های مورفومتری و شاخص‌های هیدرو اقلیمی و روابط رگرسیونی درباره خندق‌زایی در حوضه کلقان‌چای در دامنه سهند کارکرده و نتایج نشان می‌دهد که خندق‌زایی در منطقه بالا و متوسط میزان فرسایش خاک ۲۹۱/۵۱ تن در هکتار و مجموع کل فرسایش سالانه خاک در این حوضه ۲۲۴۴۶۲۷۰ ton/ha/y به همراه شواهد میدانی حاکی از توسعه خندق‌ها و شدت فرسایش خاک در حوضه است (Abedini, 2013). محمدابراهیمی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی ارتباط عوامل مؤثر خاکی و غیرخاکی در ایجاد فرسایش خندقی خطی حوضه آق امام در استان گلستان پرداخته‌اند. در این تحقیق از طریق آزمون مقایسه میانگین نمونه به روش t-student نتیجه گرفته‌اند که از بین خصوصیات خاک درصد رس (سطحی و زیرسطحی)، درصد سیلت، درصد رطوبت اشباع، کربن آلی و آهک سطحی و زیرسطحی و از بین فاکتورهای غیرخاکی لیتولوژی سازند لسی در ایجاد فرسایش خندقی منطقه نقش مؤثری دارند (Mohammad Ebrahimi & Vafakhah, 2015). اصغری(۱۳۹۶) به تحلیل عوامل مؤثر بر خندق‌زایی در حاشیه شرقی سواحل دریاچه ارومیه با استفاده از روش‌های مورفومتری و آزمایشگاهی به این نتیجه رسیده است که شکل‌گیری فرسایش خندقی در منطقه تحت تأثیر عوامل اقلیمی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های منطقه به‌خصوص بالا بودن مقادیر زیاد (EC وSAR) می‌باشد (Asghari Saraskanroud, 2017). اهیز و اوموگبو[1] (۲۰۱۳) به ارزیابی عوامل مؤثر در توسعه فرسایش خندقی در دانشگاه بنین در ایالت نیجریه پرداخته‌اند. در این تحقیق با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی نمونه‌های خاک، به بررسی توزیع درصد اندازه ذرات و بررسی نفوذپذیری به این نتیجه رسیدند که زهکش‌های نامناسب انتهایی محتوی کم رس، شرایط توپوگرافی خاص، فقدان پوشش گیاهی و استفاده نامناسب از زمین مهم‌ترین عوامل مؤثر در ایجاد فرسایش خندقی در این منطقه می‌باشند (Ehiz & Omougbo, 2013). شیت[2] و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی عوامل مؤثر بر توسعه خندق‌های موقت در زمین‌های بدلند در هندوستان پرداخته‌اند. پس از انتخاب دوازده خندق به‌طور تصادفی با استفاده از روش‌های مورفومتری ابعاد مختلف خندق‌ها را در فصل‌های مختلف جهت رشد هندسی آن‌ها و هدر رفت خاک اندازه‌گیری نمودند. نتایج تحقیق نشان داد ارتباط شدیدی بین متغیرهای شدت بارش، حجم روان آب و شیب دامنه با توسعه خندق‌ها وجود دارد (Shit, Bhunia, & Maiti, 2013). دانلادی و ری[3] (۲۰۱۴) به مطالعه و بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با فرسایش خندقی در کاربری‌های مختلف در کلان‌شهر گامبی در نیجریه با استفاده از تحلیل واریانس آنوا به این نتیجه رسیده‌اند که بالا بودن مقدار شن و پایین بودن سیلت و رس در نمونه‌های خاک برداشت‌شده از عمق‌های مختلف در کاربری‌های متفاوت موجب از هم پاشیدن خاک به خاطر ناپیوستگی ذرات در مقابل سیلاب‌های شدید شده و زمینه را برای گسترش عرضی و عمقی خندق‌ها فراهم نموده است (Danladi & Ray, 2014). مالام[4] و همکاران (۲۰۱۶) به مطالعه و ارزیابی فرسایش خندقی در کلان‌شهر کانو در نیجریه پرداخته‌اند و با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی نمونه‌های برداشت‌شده و مورفومتری خندق‌ها به این نتیجه رسیده‌اند که

1 Ehiz and Omougbo
2 Shit
3 Danladi and Ray
4 Mallam

www.SID.ir

Archive of SID

کیفیت خاک در منطقه شرایط مساعدی را برای گسترش و پیشروی عمق، طول و عرض خندق‌ها فراهم نموده است و میزان گسترش خندق‌ها از ناحیه هدکت به‌طور متوسط ۳ تا ۷ متر می‌باشد (Mallam, Iguisi, & Tasiu, 2016).

اپراکو و لاور[1] (۲۰۱۸) به مطالعه و بررسی ارتباط بین عمق و عرض خندق‌ها در سازندهای زمین‌شناسی متفاوت در شمال نیجریه مرکزی با استفاده از روش‌های آماری رگرسیون دومتغیره پرداخته‌اند. نتایج حاصل نشان‌دهنده ارتباط معنی‌داری بین عمق خندق و عرض خندق در سازندهای زمین‌شناسی فرسایش‌پذیر در سطح احتمال ($R= 0.565, P < 0.01$) وجود دارد. در خندق‌های عمیق در سازندهای فرسایش‌پذیر همبستگی عمق با عرض کاهش می‌یابد، درحالی‌که در رسوبات مقاوم همبستگی عمق با عرض خندق افزایش می‌یابد (Oparaku & Iwar, 2018).

حوضه شورچای در این پژوهش یکی از مناطق فعال فرسایش خندقی محسوب می‌شود، به‌طوری‌که گسترش خندق در طول سال کاملاً مشهود است و موجب تخریب مزارع، جاده‌ها، هدر رفت خاک و تولید رسوب در پشت سدها و بندهای منطقه می‌شود و با توجه به اینکه روستاهای زیادی در این منطقه واقع‌شده‌اند نابودی خاک می‌تواند موجب مهاجرت روستاییان و متروکه شدن آن‌ها شود، لازم است تحقیقات بیشتری در این زمینه صورت گیرد. در اثر توسعه و تشکیل خندق‌ها در منطقه مقدار زیادی از خاک‌های قابل‌کشت سطوح شیب‌دار در شبکه‌های زهکشی قرار می‌گیرد. ازاین‌رو شناسایی و بررسی عوامل مؤثر در فرسایش خندقی منطقه و تعیین اثرگذاری هر یک از عوامل منجر به تولید اطلاعات ارزشمند جهت پیش‌بینی، مهار و کاهش خسارات وارده می‌شود. در این تحقیق علاوه بر شناسایی رشد و توسعه خندق‌ها در بازه زمانی یک‌ساله سعی شده است ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های حوضه موردمطالعه در جهت ایجاد خندق‌زایی و توسعه آن‌ها مورد ارزیابی قرار گیرد.

منطقه موردمطالعه

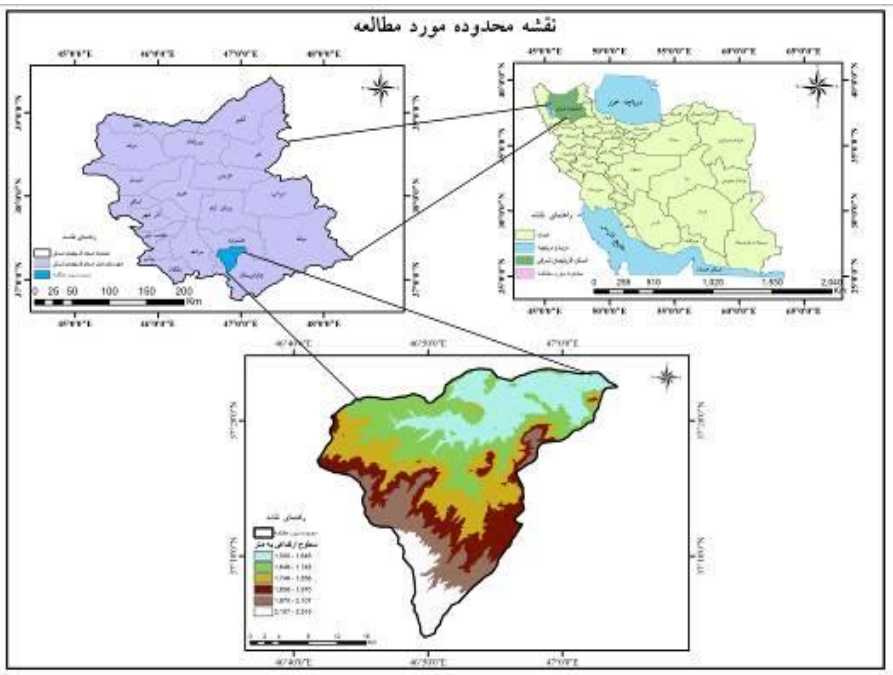
حوضه شورچای از زیر حوضه‌های مهم حوضه بزرگ قرانقوچای محسوب می‌شود که در دامنه‌های شرقی کوهستان سهند واقع‌شده است. این منطقه در محدوده شهرستان‌های چاراویماق و هشترود واقع‌شده است. وسعت حوضه موردمطالعه ۵۶۱ کیلومترمربع می‌باشد و در مختصات ۳۷ درجه و ۴ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۴ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۴۷ درجه و۲ دقیقه طول شرقی واقع‌شده است. بیشترین ارتفاع ۲۵۶۰ متر کوه‌های گل دامن‌داغ که سرچشمه شاخه اصلی شورچای می‌باشد و کم‌ترین ارتفاع ۱۵۲۰ متر در نقطه خروجی حوضه در نزدیکی روستای چپنی می‌باشد (محل اتصال شورچای به قرانقوچای). میانگین بارندگی سالیانه منطقه ۳۳۱ میلی‌متر و میانگین سالیانه دمای ایستگاه‌های منتخب منطقه، ۱۱درجه سانتی‌گراد است. مردادماه با ۲۴/۵ درجه گرم‌ترین ماه و آذرماه با ۳/۵– سردترین ماه می‌باشد (شکل ۱)

1 Oparaku and Lwar

www.SID.ir

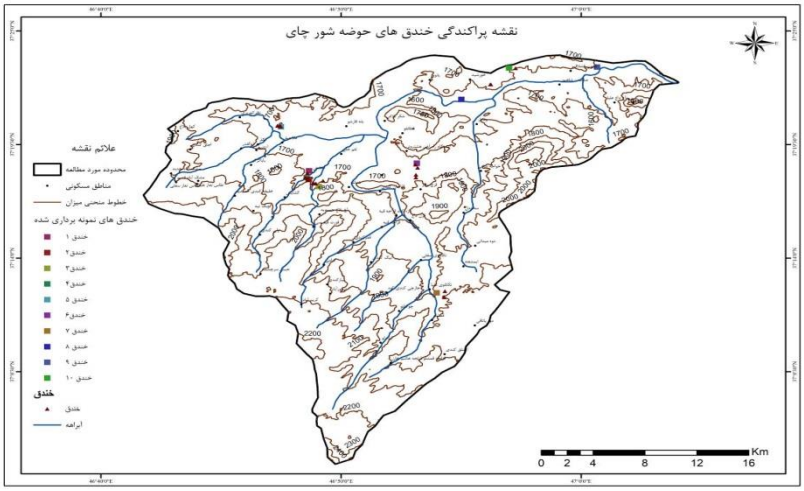
Archive of SID

DOI: 10.29252/geores.33.2.206



شکل۱- موقعیت جغرافیایی حوضه شورچای

در حوضه شورچای بیشتر خندق‌ها در بخش‌های شمالی و غربی حوضه و در پایین تپه‌های مارنی گچدار و نمک‌دار،که دامنه‌ها توسط پوشش گیاهی حفاظت نشده‌اند و در مسیر شاخاب‌های اصلی رودخانه که پتانسیل خندق‌زایی بالاست، دیده می‌شود. همچنین تراس‌های رودخانه‌ای قدیم و جدید که با شیب کمی به شبکه اصلی منتهی می‌شوند درگیر این مشکل هستند. باملاحظه نقشه پراکندگی خندق‌ها روستاهای آسایش، ملاجیق، خورشید، یانیق، قویونقشلاق و تکانلوی علیا با خطر شدید خندق‌زایی مواجه هستند. به خاطر همین نمونه‌های خاک برای آنالیز آزمایشگاهی از این مناطق برداشته شد (شکل۲).



شکل۲- نقشه پراکندگی خندق‌ها در حوضه شورچای

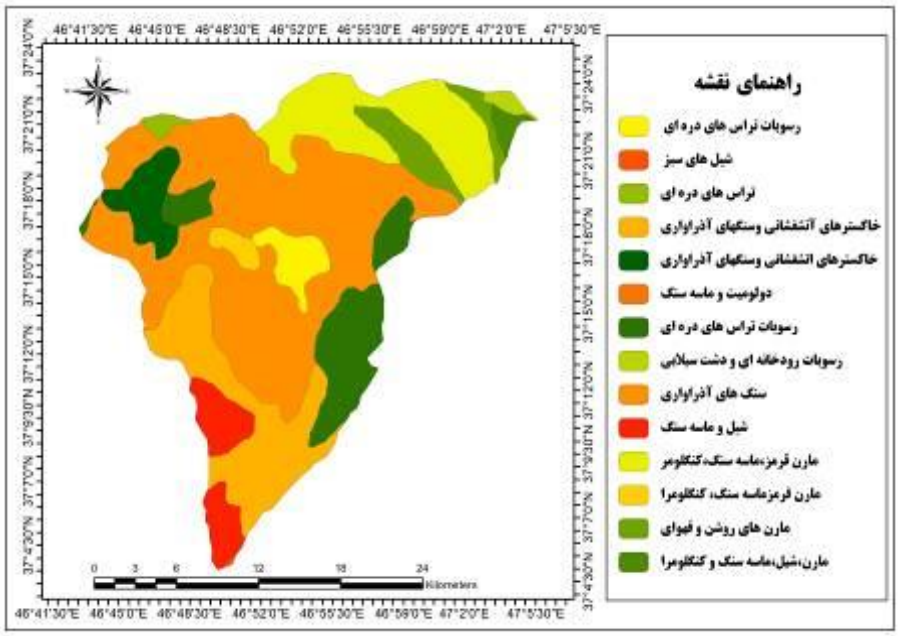
زمین‌شناسی منطقه موردمطالعه

نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه و مطالعات میدانی نشان داد که در محدوده موردمطالعه دوره ائوسن با سنگ‌های آذرآواری و آتشفشانی که بیشتر شامل توف و خاکسترهای آتشفشانی می‌باشند، قاعده ائوسن را سنگ‌های آتشفشانی متشکل از آندزیت و توف‌های داسیتی تشکیل می‌دهد (شکل۳). دوره میوسن شامل سنگ‌های آذرآواری و رخساره‌های دریایی سازند قم متشکل از

www.SID.ir

Archive of SID

آهک‌ها می‌باشد که در بعضی جاها توسط رسوبات پادگانه‌های آبرفتی پوشیده شده‌اند. رسوبات تبخیری و تخریبی دوره میوسن که بیشتر شامل ماسه‌سنگ، مارن، گچ و نمک می‌باشد، در بعضی جاها به‌صورت معدن گچ در حال بهره‌برداری هستند. رسوبات پلیستوسن و کواترنر که شامل تراس‌های آبرفتی قدیم و جدید که مواد تشکیل‌دهنده آن‌ها شامل شن، ماسه و سیلت می‌باشد در بخش‌های وسیعی از زمین‌های کم شیب و اطراف رودخانه‌ها گسترده شده‌اند. در بخش خروجی رودخانه شورچای گنبدهای نمکی قرار دارند و انحلال نمک‌ها موجب شوری خاک‌ها شده است.



شکل ۳- نقشه زمین‌شناسی حوضه شورچای

مواد و روش‌ها

روش تحقیق در این مطالعه بیشتر به‌صورت کتابخانه‌ای، مطالعات میدانی، اندازه‌گیری‌های مورفومتری، آزمایشگاهی و استفاده از مدل‌های تجربی به شرح زیر بوده است:

الف- مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای: به‌منظور شناسایی مقدماتی ویژگی‌های طبیعی حوضه، از اسناد کتابخانه‌ای، نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس‌های ۱: ۲۵۰۰۰ و ۱: ۵۰۰۰۰ و نقشه‌های زمین‌شناسی ۱: ۱۰۰۰۰۰۰ منطقه و داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های هشت‌رود، جاراویماق و نظر کهریزی، تصاویر گوگل ارث استفاده شده است.

ب- مطالعات میدانی: پس از بازدیدهای اولیه و شناسایی خندق‌های منطقه موردمطالعه، تعداد ۲۶ خندق به‌عنوان نمونه جهت تحلیل‌های مورفومتری و ارزیابی میزان رشد آن‌ها انتخاب گردید. سپس منطقه موردمطالعه در طول یک سال آبی جهت مشخص نمودن میزان رشد خندق‌ها موردمطالعه و بررسی قرار گرفت و بر این اساس پارامترهای طول برای اندازه‌گیری پیشروی طولی، عرض برای اندازه‌گیری پیشروی عرضی و عمق خندق‌های انتخاب‌شده یک‌بار در شهریورماه ۱۳۹۵ اندازه‌گیری شد. سپس جهت تعیین میزان رشد و توسعه خندق‌ها موردمطالعه در اواخر مردادماه ۱۳۹۶ مجدداً خندق‌های موردمطالعه اندازه‌گیری گردیدند تا ابعاد گسترش آن‌ها در طول یک سال مشخص شود. از ابزارهای GPS و متر فلزی و دوربین عکاسی برای ثبت موقعیت و مشخصات خندق‌ها استفاده گردید.

www.SID.ir

Archive of SID
 DOI: 10.29252/geores.33.2.206

ج- مطالعات آزمایشگاهی: جهت بررسی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های منطقه و تجزیه‌وتحلیل‌های آزمایشگاهی تعداد ۱۰ نمونه خاک از بین خندق‌های انتخابی با پراکنش متفاوت از دو عمق سطحی (۳۰-۰) و زیرسطحی (۶۰-۳۰) سانتی‌متری از دیواره خندق‌ها برداشته شد و درکیسه‌های نایلونی جمع‌آوری گردید. نمونه‌های خاک پس از عبور از الک دو میلی‌متری، به آزمایشگاه خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی منتقل شدند و مورد آنالیز آزمایشگاهی قرار گرفتند. خصوصیات فیزیکی (درصد رس، درصد سیلت، درصد شن) به روش هیدرومتری و خصوصیات شیمیایی (درصد رطوبت اشباع، هدایت الکتریکی، درصد ماده آلی، درصد سدیم تبادلی، نسبت جذب سدیم) برای نمونه‌های موردنظر اندازه‌گیری شد. نسبت جذب سدیم (SAR) بر اساس نسبت بین کاتیون‌های کلسیم و منیزیم با سدیم و واکنش خاک نیز با pH اندازه‌گیری شد. نسبت جذب سدیم با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید(Asghari Saraskanroud, 2017).

$$SAR = [Na+] / (([Ca2+] + [Mg2+])/2) 1/2 \quad \text{رابطه (۱)}$$

مقادیر EC و SAR برای طبقه‌بندی خاک‌های متأثر از نمک استفاده می‌شود. واسکوم[1] و همکاران به نقل از شهریور و همکاران (۲۰۱۲) خاک‌ها را بر اساس جدول ۱ به سه گروه طبقه‌بندی کردند (Shahrivar, Boon Sung, Jessop, Rahim, & Sufi, 2012).

جدول۱- طبقه‌بندی خاک‌ها بر اساس مقادیر EC و SAR

	EC (ds/m)	pH	SAR
شور	>۴	<۸/۵	<۱۳
سدیمی	<۴	>۸/۵	≥۱۳
شور سدیمی	>۴	<۸/۵	≥۱۳

در این طبقه‌بندی، EC= 4 و SAR ≤ 13 به‌عنوان آستانه EC و SAR استفاده می‌شود که خاک‌های شور نامیده می‌شود (Asghari Saraskanroud, 2017).

د- استفاده از مدل‌های تجربی: بعد از نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌های لازم که در بالا ذکر شد و نیز جمع‌آوری داده‌های اقلیمی لازم با استفاده از مدل‌های تجربی مختلف اقدام به بررسی و تجزیه‌وتحلیل نتایج حاصل از آن‌ها شد.

ضریب رطوبت در سازندهای منطقه

شاخصی که با استفاده از آن می‌توان پتانسیل خندق‌زایی منطقه را با پارامترهای اقلیمی در ارتباط گذاشت، ضریب مقدار رطوبت در سازندهای سطحی می‌باشد. این ضریب بدین‌صورت است که اگر میزان رطوبت موجود در سازندهای سطحی کاهش یابد به مفهوم کاهش رطوبت قابل‌جذب ریشه گیاهان می‌باشد و گیاهان نمی‌توانند از مقدار رطوبت ناچیز چسبیده به ذرات خاک استفاده کنند و پژمرده می‌شوند. ضریب ws از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Ws=R-RP/t$$

که در این رابطه ws = شاخص رطوبت موجود در خاک، t = درجه حرارت ماهیانه، R = متوسط بارش ماهیانه به میلی‌متر، RP = ضریب مربوط به دما و از رابطه زیر به دست می‌آید (Abedini, 2013).

$$Rp=30 (t+7)$$

1 Waskom et al

www.SID.ir

Archive of SID

یافته‌ها

تجزیه‌وتحلیل میزان رطوبت موجود در سازندها و نوسان آن در پیدایش خندق‌ها

میزان رطوبت و تغییر آن درنتیجه تناوب فصول خشک و مرطوب عامل مهم در به وجود آمدن ترک‌ها و شیارها در سازندهای ریزدانه حاوی رس و سیلت و درنهایت توسعه فرسایش شیاری و پیدایش خندق‌های منطقه شده است. محققان برای پی بردن به پتانسیل خندق‌زایی از شاخص‌های مختلف استفاده می‌کنند یکی از مهم‌ترین آن‌ها شاخص نوسان رطوبت خاک (ws) می‌باشد. شاخص نوسان رطوبت موجود در خاک برای ارزیابی پتانسیل مناطق برای فرسایش خندقی استفاده می‌شود (Abedini, 2013) و برای محاسبه آن از پارامترهای اقلیمی بلندمدت منطقه استفاده می‌شود. بعد از محاسبه ماه‌هایی که دارای نوسان رطوبتی (ws) منفی می‌باشند که نشانگر پتانسیل زیاد برای فرسایش خندقی در ماه موردنظر می‌باشد. برای حوضه موردمطالعه بر مبنای داده‌های اقلیمی ۱۸ ساله ایستگاه هشت‌رود مقادیر شاخص برای ماه‌های سال محاسبه گردید و نتایج در جدول ۲ ارائه‌شده است. با توجه به نتایج محاسباتی که برای حوضه موردمطالعه به دست آوردیم، به‌جز ماه‌های دی، آذر و اردیبهشت سایر ماه‌ها، حوضه دارای ضریب نوسان رطوبتی (ws) منفی بوده و نشانگر استعداد زیاد منطقه برای فرسایش خندقی می‌باشد.کاهش میزان (ws) عمدتاً در فصول گرم و خشک موجب پیدایش ترک‌هایی در سازندهای ریزدانه می‌شود و این ترک‌ها در زمان اولین بارش‌های ناگهانی محل تمرکز روان آب‌ها و موجب پیدایش فرسایش شیاری و درنهایت تبدیل شیارها به خندق‌ها می‌شوند. به‌ویژه اینکه بارندگی‌های اوایل پاییز و اوایل فروردین به دلیل فقدان پوشش گیاهی لازم از قدرت خندق‌زایی بالاتری برخوردارند.

جدول ۲- نتایج شاخص ws برای ماه‌های سال در حوضه شورچای

ماه	T	P	RP	WS
دی	-/۶	۳۳/۱	۱۹۲	۱۵۸/۳
بهمن	۱/۸	۳۳/۶	۲۶۴	- ۱۱۲/۴
اسفند	۴/۶	۴۰	۳۴۸	- ۳۵/۶
فروردین	۱۰/۲	۶۵/۷	۵۱۶	- ۱۵/۱
اردیبهشت	۱۵/۴	۴۹/۸	۶۷۲	۶/۲
خرداد	۲۰/۸	۱۲	۸۳۴	- ۲۸
تیر	۲۴/۵	۶/۱	۹۴۵	- ۳۲/۷۴
مرداد	۲۴/۵	۳/۷	۹۴۵	- ۳۴/۸۷
شهریور	۱۸/۸	۷	۷۷۴	- ۳۴/۱۷
مهر	۱۱/۶	۲۲/۳	۵۵۸	- ۲۵/۸
آبان	۳/۹	۳۱/۹	۳۲۷	- ۵۱/ ۹۴
آذر	۳/۵	۲۵/۱	۱۰۵	۴/۹

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

برای بررسی وضعیت خاک منطقه نمونه‌هایی از خاک‌های موجود جمع‌آوری و آزمایش‌هایی روی آن‌ها انجام شد که نتایج آن در جداول ۳ و ۴ آمده است. با توجه به داده‌های جدول، نسبت جذب سدیم (SAR) در خاک‌های منطقه بالا است درنتیجه خاک‌های منطقه شور می‌باشند. بالا بودن نسبت جذب سدیم در خاک شاخص مهمی در میزان پخش شدن خاک و ایجاد فرسایش خندقی است (Rienks, Botha, & Hughes, 2000). خاک‌های شور دارای مقدار زیادی املاح محلول هستند و به‌محض

www.SID.ir

Archive of SID

DOI: 10.29252/geores.33.2.206

دریافت رطوبت ساختمان خاک متلاشی می‌شود. افزایش نمک در پروفیل خاک باعث افزایش غلظت محلول شده و پایداری خاک‌دانه‌ها با افزایش نسبت جذب سدیم تنزل یافته درنتیجه فرسایش خاک تشدید می‌شود. نسبت بالای هدایت الکتریکی نیز نشانگر افزایش مواد قابل انحلال در منطقه می‌باشد که در مناطق کم شیب تجمع این املاح مکان‌های مستعدی را برای رخداد فرسایش تونلی فراهم می‌آورد. تراکم یون‌های سدیم و منیزیم نیز باعث افزایش شدت انقباض و توسعه بیشتر شکاف‌ها شده و باعث افزایش قدرت انحلال آب‌های زیرزمینی می‌شود درنتیجه خاک‌هایی که یون‌های کلسیم و سدیم بیشتری دارند تونل‌هایی با عمق زیاد ایجاد می‌کنند.

جدول۳- مقدار نسبت سدیم جذب‌شده نمونه خاک‌های حوضه شورچای

نمونه	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Na (ppm)	SAR
۱	۱۸	۵۲	۱۶/۷۰	۱۱/۷۸
۲	۱۸	۷۴	۴۰/۷۳	۶
۳	۳۴	۳۵	۵۰/۱۰	۹/۸۲
۴	۳۸	۴۲	۵۱/۶۸	۸/۱۷
۵	۳۷	۶۶	۶۸/۲۳	۹/۵
۶	۲۴	۴۶	۶۰/۵۰	۱۰/۲۳
۷	۳۱	۸۳	۳۳/۶۱	۴/۴۳
۸	۱۵	۳۳	۷۷/۲۸	۱۵/۹
۹	۲۵	۴۵	۵۵/۷۴	۹/۴۳
۱۰	۱۶	۵۷	۶۶/۶۷	۱۱/۸۸

خواص فیزیکی خاک سطحی اثر مهمی برافزایش میزان نفوذپذیری آب در خاک و کاهش روان آب دارد و می‌تواند بر مورفولوژی خندق‌ها تأثیر بگذارد (Deng et al., 2015). ریزدانه بودن ذرات تشکیل‌دهنده سازندهای زمین‌شناسی مانند رس، سیلت و شن بستر بسیار مناسبی برای پیشروی خندق‌ها است. مارن‌های شور و گچی با درصد بالای ذرات ریز دوران سوم و چهارم زمینه مناسبی برای ایجاد خندق‌ها فراهم کرده است. در رابطه با میزان درصد سیلت و تأثیر نامطلوب آن در ایجاد و توسعه فرسایش خندقی می‌توان چنین بیان کرد که بین مقدار سیلت خاک و فرسایش‌پذیری آن ارتباط نزدیکی وجود دارد. به دلیل عدم چسبندگی سیلت هرچقدر مقدار آن در خاک بیشتر باشد، فرسایش‌پذیری آن افزایش می‌یابد. مقاومت ذرات سیلت در برابر فرسایش هم ازنظر اندازه و هم ازنظر چسبندگی نسبتاً کم است. خاک‌های سیلتی خوب دانه‌بندی می‌شوند ولی به‌محض دریافت رطوبت خاک دانه‌ها به سهولت شکسته شده و ذرات سیلت فرسایش پیدا می‌کنند به‌طوری‌که بین میزان سیلت و فرسایش‌پذیری خاک ارتباط نزدیکی وجود دارد. این خاصیت سیلت‌ها به عدم چسبندگی آن‌ها مربوط می‌شود. تغییر جزیی در درصد سیلت خاک با تغییر قابل‌توجهی در مقدار فرسایش‌پذیری خاک همراه است (Refahi, 2009). مقدار رس در خندق‌های موردمطالعه حدود ۳۰ درصد است که در محدوده اعلام‌شده توسط ایوانس[1] که بین ۹ تا ۳۰ درصد برای خاک‌های فرسایش‌پذیر، قرار دارد (Yousefwand, Habibnejad, Soleimani, & Rezaei Pasha, 2013). وجود رس در بافت خاک‌ها به خاطر ریزدانه بودن آن می‌تواند ظرفیت نگهداری آب در خاک را کاهش دهد، درنتیجه رس انبساط یافته و منافذ آن بسته می‌شود و آب‌ها نمی‌توانند در ساختمان آن نفوذ کنند و با افزایش روان آب‌ها فرسایش تشدید می‌شود. ممکن است رس‌ها با خشک شدن در فصول خشک شکاف بردارند و همین شکاف‌ها نقطه‌ضعف آن‌ها را برای فرسایش فراهم می‌کند که مراحل اولیه فرسایش شروع می‌شود و روان آب واردشده به شکاف‌ها فرایند فرسایش تونلی یا لوله‌ای را تسهیل کند و با ریزش سقف تونل‌ها،

1 Evans

www.SID.ir

Archive of SID

خندق‌های اولیه تشکیل شود. خاک‌های غیر چسبناک بیشتر در معرض پیپ شدن هستند بنابراین مرحله اولیه تشکیل خندق‌ها بر اساس نفوذ آب سطحی صورت می‌گیرد (Valentin et al., 2005). درصد ذرات ماسه در نمونه‌های آزمایشگاهی زیاد است که احتمالاً ریزدانه بودن ماسه‌ها باعث فرسایش می‌شوند. ذرات ماسه ریز هم رفتاری مشابه ذرات سیلت داشته و قابلیت جدا شدن بیشتری دارند درنتیجه این ذرات هم باعث تسریع فرسایش می‌شوند. نتایج آزمایشگاهی با مشخص کردن بافت نمونه‌های خاک‌نشان می‌دهد که خاک‌های منطقه عمدتاً شنی است و ذرات شن به خاطر چسبندگی کمتر در مقابل بارش‌های رگباری مقاومت زیادی در مقابل فرسایش ندارند. این عمل باعث واگرایی خاک شده و ذرات ماسه با مجاورت آب انسجام خود را ازدست‌داده و امکان توسعه فرسایش خندقی فراهم می‌شود که این مسئله با یافته‌های یوسفوند و همکاران (۱۳۹۲)، اویگان[1] و همکاران (۲۰۱۶) مبنی بر غالب بودن بافت شنی در خندق‌های منطقه مطابقت دارد (Oyegun, Erekaha, & Eludoyin, 2016 ; Yousefwand et al., 2013) (جدول۴).

جدول٤- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های حوضه شورچای

نمونه	pH	EC (µs/cm)	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	بافت
۱	۸/۱۲	۵۷۴	۳۰	۲۲/۵	۴۷/۵	شنی، رسی، لومی
۲	۸/۱۲	۵۷۱	۲۷/۵	۲۵	۴۷/۵	شنی، لومی
۳	۸/۱۱	۵۶۹	۳۰	۱۵	۵۵	شنی، رسی، لومی
۴	۸/۰۲	۵۸۳	۳۰	۱۲/۵	۵۷	شنی، رسی، لومی
۵	۸/۰۱	۶۰۱	۲۷/۵	۲۵	۴۷	شنی، رسی، لومی
۶	۸/۰۶	۵۴۲	۳۲/۵	۲۰	۴۷	شنی، رسی، لومی
۷	۸/۰۷	۶۰۰	۲۷/۵	۲۲/۵	۵۰	شنی، رسی، لومی
۸	۸/۰۱	۶۱۱	۲۷/۵	۲۵	۴۷/۵	شنی، رسی، لومی
۹	۸/۰۵	۵۵۰	۲۷/۵	۱۵	۵۷/۵	شنی، رسی، لومی
۱۰	۸/۲	۵۲۸	۳۲/۵	۲۰	۴۷/۵	شنی، رسی، لومی

مورفومتری خندق‌های موردمطالعه

بر اساس جدول ۳ بیشتر خندق‌ها در ردیف خندق‌های کوچک می‌باشند. انواع خندق‌ها بر اساس پارامتر طول به سه دسته تقسیم می‌شوند: ۱) کمتر از ۱۲۰ متر (کوچک)، ۲) بین۱۲۰ تا۲۴۰ متر (متوسط)، ۳) بیشتر از ۲۴۰ متر(بزرگ) (Shadfar, 2010). بر اساس داده‌های جدول بعضی خندق‌ها گسترش زیادی داشته‌اند. مخصوصاً گسترش طولی خندق‌ها فراوان می‌باشد که این مسئله بیشتر در اثر پسروی پیشانی خندق‌ها می‌باشد و بعضاً به چند متر می‌رسد که حکایت از فعالیت شدید خندق‌زایی در منطقه دارد. احتمالاً بارش‌های رگباری بهار ۹۶ که باعث ایجاد سیل شدید در منطقه شد و خسارات عظیمی به روستاهای واقع در حوضه موردمطالعه تحمیل کرد باعث توسعه خندق‌ها گردیده است.

توسعه عرضی و عمقی خندق‌ها به خاطر فرسایش جانبی می‌باشد. این مسئله به علت زیربری کرانه کانال‌های خندق‌ها و گسیختگی که تحت تأثیر نیروی ثقل است، اتفاق می‌افتد. ریزش خاک دیواره خندق به داخل کانال باعث گسترش آن‌ها می‌شود. خندق‌های منطقه عمدتاً در سطح نهشته‌های آبرفتی ریزدانه کواترنر و سازندهای مارنی میوسن شکل‌گرفته‌اند و شکل آن‌ها عمدتاً V است که با بخش بالاکند پسرونده و با دیواره‌های تند و ناپایدار و غالباً چند شاخه‌ای (پنجه‌ای) می‌باشند. این

1 Oyegun

www.SID.ir

Archive of SID

DOI: 10.29252/geores.33.2.206

خندق‌ها به‌خاطر تراکم زیاد رسوبات نرم، در عمق توسعه‌یافته ولی عرض کمی دارند. تراکم زیاد این نوع خندق‌ها بیشتر در اطراف سد ملاجیق مشاهده می‌شوند (شکل۴).

شکل٤- نمونه‌ای از خندق‌های V شکل که رسوبات آن موجب پر شدن سد ملاجیق می‌شود

نوع دیگر خندق‌ها بر روی تراس‌های رودخانه‌ای ایجادشده و درشیب‌های منتهی به شبکه‌های اصلی قرارگرفته‌اند.که از نوع خندق‌های جبهه‌ای می‌باشند و با فرسایش قهقرایی حالت پسرونده دارند و باعث تخریب زمین‌های کشاورزی، جاده‌های روستایی و کانال‌های آبیاری می‌شوند. البته این مسئله با حضور مستمر آب صورت می‌گیرد که بارش‌های بهاری شدید به‌عنوان موتور محرکه خندق‌زایی عمل می‌کند.

شکل۵- نمونه‌ای از خندق‌ها که از قسمت رأس حالت پسروی دارند

پدیده پای‌پینگ هم در توسعه خندق‌ها نقش مهمی داشته است. پای‌پینگ عبارت است از؛ جریان زیرزمینی و زیر شویی مواد قابل انفصال و انحلال که گاهی به آن فرسایش تونلی نیز می‌گویند (Ahmadi, 1999). ایجاد راهروهای زیرزمینی به‌صورت حفره‌های واقعی در دیواره خندق‌ها موجب گسترش آن‌ها می‌شود. حفره‌های مذکور مراحل اولیه تحول خود را طی می‌کنند. گسترش این راهروهای زیرزمینی و سپس ریزش سقف آن‌ها باعث توسعه خندق‌ها می‌شود. این راهروها عمدتاً به‌وسیله رسوبات نفوذپذیر، قابلیت انحلال و احتمالاً در اثر تمرکز جریان‌های سطحی، که آب را به داخل شکاف‌ها هدایت

www.SID.ir

Archive of SID

می‌کنند ایجاد می‌شوند. جریانات زیرسطحی هم به علت ریزدانه بودن سازندها (سیلت، رس) و انحلال‌پذیر (نمک،گچ و آهک) باعث فرسایش تونلی می‌شوند.

در حوضه موردمطالعه در سطح سازندهای مارنی و سیلت دار در سطوح کم شیب فرسایش تونلی عامل مهمی در شکل زایی و گسترش خندق‌ها می‌باشد. به‌طوری‌که در بازه زمانی یک‌ساله پیپ‌های جدیدی تشکیل‌شده بودند. این اشکال از قسمت‌های بالادست خندق‌ها به‌صورت حفره‌هایی ایجادشده و سپس آب‌های سطحی را به‌طرف خود هدایت کرده و شروع به بزرگ شدن می‌کنند و درنهایت پس از ریزش سقفشان به خندق‌های جدیدی تبدیل‌شده و یا باعث توسعه خندق‌های قبلی می‌شوند. یکی از عوامل مهم پدیده پای‌پینگ در منطقه موردمطالعه وجود سازندهایی مثل آهک در قسمت‌های شمالی و نمک در نزدیک خروجی حوضه که قابلیت انحلال دارند، می‌باشد. با توجه به اینکه منطقه موردمطالعه دارای آب‌وهوای نیمه‌خشک می‌باشد در فصول خشک به‌واسطه خشک شدن زمین ترک‌ها و شکاف‌هایی در زمین ایجاد می‌شود و با شروع فصل بارش آب وارد این شکاف‌ها شده و به درون زمین نفوذ می‌کند و در جهت شیب با انحلال و شستشوی مواد کلوئیدی خاک‌ها، موجب شکل‌گیری پیپ‌های زیرزمینی می‌شوند که عامل مهمی در انتقال مواد رسوبی و کانی‌های قابل انحلال، به‌طرف شبکه‌های جاری می‌شود. مشاهدات صحرایی نشان داد که خندق‌زایی بیشتر در مناطقی صورت گرفته است که سازندهای منطقه بیشتر از مارن و از بخش‌های مختلف گچی، آهکی و نمکی تشکیل‌شده است و انحلال‌پذیری بالایی دارند. به‌نحوی‌که پیشروی خندق‌ها در محدوده سر خندق غالباً به‌صورت حفره‌ای صورت گرفته است و خندق از ناحیه افق‌های میانی تا زیرین انحلال پیداکرده و ریزش می‌نماید و سپس سطح بالایی خندق یک‌مرتبه فرومی‌ریزد که باعث پیشروی آن می‌گردد. این خندق‌ها بیشتر در اطراف روستای تکانلوی شهرستان چاراویماق مشاهده می‌شوند و در اطراف بستر رودخانه توسعه‌یافته‌اند (شکل‌های ۶ و ۷).

شکل ٦-آغاز فرسایش تونلی در حوضه شورچای

شکل۷- نمونه‌ای از خندق‌ها در اثر فروریختن سقف تونل

www.SID.ir

Archive of SID

DOI: 10.29252/geores.33.2.206

جدول۵- مقایسه تطبیقی مورفومتری خندق‌های موردمطالعه در بازه زمانی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

نوع خندق	طول	عمق	عرض	۱۳۹۶	طول	عمق	عرض	۱۳۹۵
کوچک	۳۰	۱/۸۶	۱/۵۵	۱	۲۹	۱/۸	۱/۵	۱
کوچک	۹۸	۰/۸	۱/۳	۲	۹۴	۶/	۱/۲	۲
کوچک	۱۷	۲/۳	۵	۳	۱۵	۲/۲	۴/۶	۳
کوچک	۲۹/۵	۲	۳/۸	۴	۲۸	۱/۹	۳/۷	۴
کوچک	۲۴/۲	۳/۸	۹/۳	۵	۲۴	۳/۷	۹/۱	۵
کوچک	۳۲	۱/۷۵	۶	۶	۳۲	۱/۷	۵/۸	۶
کوچک	۷۲/۵	۳/۶	۶/۸	۷	۷۱	۳/۴	۶/۶	۷
کوچک	۱۰۷	۴/۵	۷/۲	۸	۱۰۶	۴/۲	۷/۱	۸
کوچک	۹۲	۳/۱	۵/۳	۹	۹۰	۳	۵	۹
متوسط	۱۵۵	۰/۹۸	۲/۹	۱۰	۱۵۲	۰/۹۵	۲/۷	۱۰
کوچک	۸۲	۲/۱	۸/۸	۱۱	۸۲	۱/۹	۸/۵	۱۱
کوچک	۶۳	۳/۳	۳/۶	۱۲	۶۲	۳/۱	۳/۴	۱۲
کوچک	۵۰	۳/۶	۷/۳	۱۳	۳۹	۳/۴	۷/۱	۱۳
متوسط	۲۱۸	۶/۲	۹/۶	۱۴	۲۱۶	۵/۹	۹	۱۴
متوسط	۱۹۳	۲/۳	۵/۴	۱۵	۱۹۰	۲/۱	۵	۱۵
متوسط	۱۵۲	۲/۳	۶/۴	۱۶	۱۵۰	۲	۶	۱۶
متوسط	۲۲۵	۵/۴	۱۱/۵	۱۷	۲۲۰	۵	۱۱	۱۷
کوچک	۳۰	۲/۳	۲/۷	۱۸	۲۸	۲/۲	۲/۶	۱۸
کوچک	۵۲	۲/۳	۲/۸	۱۹	۵۰	۲/۲	۲/۷	۱۹
کوچک	۷۳	۶/۳	۱۰/۷	۲۰	۷۰	۶	۱۰/۴	۲۰
متوسط	۱۸۸	۲/۵	۳/۹	۲۱	۱۸۵	۲/۴	۳/۷	۲۱
کوچک	۳۲	۰/۷	۰/۸	۲۲	۳۰	۰/۶	۰/۷	۲۲
کوچک	۴۷	۱/۵	۱/۵	۲۳	۴۵	۱/۴	۱/۴	۲۳
کوچک	۱۰۵	۳/۳	۶/۵	۲۴	۱۰۲	۳/۲	۶/۳	۲۴
متوسط	۱۵۵	۱/۵	۱/۷	۲۵	۱۵۰	۱/۳	۱/۵	۲۵
کوچک	۴۰	۰/۷	۱/۱	۲۶	۳۸	۰/۶	۱	۲۶

نتیجه‌گیری

بررسی و تجزیه تحلیل نتایج مربوط به شکل‌گیری و گسترش فرسایش خندقی در حوضه موردمطالعه در رابطه با سازندهای زمین‌شناسی و مشخصات خاک، نشان‌دهنده نقش و مشارکت مستقیم عوامل مذکور در ایجاد و پیدایش اشکال مختلف خندق می‌باشد. مارن‌های شور و گچی دوران سوم و چهارم به دلیل انحلال‌پذیری بالا، نفوذپذیری بالایی دارند و زمینه مناسبی را برای ایجاد شبکه‌ای از خندق‌های متراکم در اراضی تپه‌ماهوری و تراس‌های آبرفتی منطقه فراهم نموده است.

نتایج شاخص‌های اقلیمی نظیر WS (نوسان رطوبت موجود در سازندهای سطحی) وجود استعداد خندق‌زایی در منطقه را تأیید می‌کند و بیانگر پتانسیل بالای منطقه برای ایجاد فرسایش خندقی می‌باشد. نتایج این قسمت با نتایج پویسون و همکاران

www.SID.ir

Archive of SID

(۲۰۰۲)، عابدینی (۱۳۹۲)، ثروتی و همکاران (۱۳۸۷) و اصغری (۱۳۹۶) (Asghari Saraskanroud, 2017; Abedini, 2013 ; Poesen et al., 2002; Servati et al., 2008) منطبق است.

با مشخص کردن بافت نمونه‌های سطحی و عمقی خاک با استفاده از درصد ذرات مشاهده گردید که خاک‌های منطقه عمدتاً شنی و لومی می‌باشد و ذرات شن به‌خاطر مقاومت کمتر در مقابل فرسایش موجب پراکندگی خاک می‌گردد و مقدار رس هم با حدود ۳۰ درصد موجب فرسایش خندقی می‌گردد. نتایج این بخش با یافته‌های یوسفوند و همکاران (۱۳۹۲)، یووادیوارگان و همکاران (۲۰۱۶) و دانلادی و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد (Oyegun et al., Danladi & Ray, 2014 ; 2016; Yousefwand et al., 2013). بررسی ویژگی‌های شیمیایی خاک هم بیانگر شور بودن خاک و بالا بودن مقدار SAR و EC می‌باشد. چنین وضعیتی نشان‌دهنده تبادل سدیم زیاد خاک است و زمانی که سدیم خاک در حد بالایی قرار گیرد، خاصیت پخش‌شدگی خاک را فراهم می‌نماید و روان آب‌ها به‌ویژه باران‌های بهاری که شدت زیادی در منطقه دارند موجب ناپایداری خاک‌ها گشته و با ایجاد فرسایش تونلی باعث گسترش و پیشروی خندق‌ها شده است و مقدار زیادی از املاح موجود در خاک شسته شده و توسط روان آب خروجی از خندق خارج و یا به افق‌های پایین‌تر نفوذ می‌کنند. نتایج این قسمت با نتایج اصغری (۱۳۹۶) قدوسی و داوری (۱۳۹۱) اسماعیل نژاد و همکاران (۱۳۹۱) جهان تیغ و تابع (۱۳۹۶) مطابقت دارد (Asghari Saraskanroud, 2017; Ghodousi & Davari-Rad, 2012; Ismail-Nejad et al., 2012; Jahanatigh & Tabeh, 2017).

نتایج مورفومتری خندق‌های منطقه هم بیانگر رشد سریع خندق‌ها است. مشاهدات میدانی نشان داد که رشد سریع خندق‌ها در بازه زمانی یک‌ساله قابل‌ملاحظه می‌باشد. شکل رأس اکثر خندق‌ها عمودی است و وجود توده‌های خاک در داخل آن‌ها و همچنین ریزش دیواره‌ها بیانگر فعال بودن خندق‌ها می‌باشد. بیشتر خندق‌ها از ناحیه هدکت در اثر فرسایش قهقرایی در حال گسترش می‌باشند و درحال تخریب زمین‌های کشاورزی و متروکه شدن این زمین‌ها می‌باشد.

بااینکه زمین‌های هموار از مواد فرسایش‌پذیر تشکیل‌شده‌اند اما وجود شیب پایین از انرژی فرسایشی روان آب‌ها می‌کاهد و شدت فرسایش نسبت به زمین‌های شیب‌دار پایین است ولی در تراس‌های رودخانه‌ای که متشکل از آبرفت‌های نامتراکم هستند خندق‌های توسعه‌یافته مشاهده می‌شوند. این خندق‌ها در اثر ایجاد شیارهای عمیق درشیب‌های منتهی به بستر اصلی در اثر فرسایش قهقرایی درحال‌توسعه هستند. تداوم فرسایش در این مکان‌ها موجب افزایش رسوب رودخانه می‌شود که خطر پر شدن سدها و کانال‌های آبیاری را به همراه خواهد داشت. لذا پیشنهاد می‌گردد اقدامات اصلاحی لازم از قبیل کاشت گیاهان مقاوم به شوری و تثبیت بیولوژیکی جهت کاهش رسوب برای حفاظت حوضه و جلوگیری از تلف شدن خاک‌ها با کنترل روان آب‌ها صورت گیرد.

سهم نویسندگان: بشیر بشارتی(نویسنده اول) نگارنده بحث اصلی(۴۰٪)، موسی عابدینی (نویسنده دوم، مسئول)، پژوهشگر کمکی و تحلیل‌گر(۴۰٪)، صیاد اصغری (نویسنده سوم)، پژوهشگر کمکی (۲۰٪)

منابع و مآخذ

Abedini, M. (2009). Quantity study on hydrogeomorphological issues of Lykwan Chai river with emphasis on soil and sediment srosion (southeast of Ardebil). *Geography and Development Journal, 7*(15), 71- 88. (Persian)

Abedini, M. (2013). Quantitative analysis of gully erosion in Kalghan-Chaj basin (east of Sahand). *Geography and Urban Area Journal, 3*(7), 97- 110. (Persian)

Ahmadi, H. (1999). *Applied geomorphology (water erosion)* (Vol. 1). Tehran: Tehran University. (Persian)

Asghari Saraskanroud, S. (2017). Analysis of affecting factors on creating gully in the eastern shores of Urmia Lake. *Geographical Space Journal, 17*(58), 285-301. (Persian)

www.SID.ir

Archive of SID
 DOI: 10.29252/geores.33.2.206

Bayati Khatibi, M., Rajabi, M., & Karami, F. (2011). Study of topographic thresholds and analysis of the role of type of surface formation in the development of gullies in the mountains of semi-aride areas (case Study: Shoorchai basion. *Journal of Geography and Environmentale Planning, 22*(1), 15-34. (Persian)

Conoscenti, C., Angileri, S., Cappadonia, C., Rotigliano, E., Agnesi, V., & Märker, M. (2014). Gully erosion susceptibility assessment by means of GIS-based logistic regression: a case of Sicily (Italy). *Geomorphology, 204*, 399-411 . [DOI:10.1016/j.geomorph.2013.08.021]

Danladi, A., & Ray, H. H. (2014). An analysis of some soil properties along gully erosion sites under different land use areas of Gombe Metropolis, Gombe State, Nigeria. *Journal of Geography and Regional Planning, 7*(5), 86-96 .[DOI:10.5897/JGRP2014.0438]

Deng, Q., Miao, F., Zhang, B., Luo, M., Liu, H., Liu, X., . . . Liu, G. (2015). Planar morphology and controlling factors of the gullies in the Yuanmou Dry-hot valley based on field investigation. *Journal of Arid Land, 7*(6), 778-793 .[DOI:10.1007/s40333-015-0135-8]

Ehiz, O. S., & Omougbo, U. N. (2013). Evaluating factors responsible for gully development at the University of Benin .*Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS), 4*(5), 707-713 .

Feizenya, S., Heshmati, M., Ahmadi, H., & Ghodousi, J. (2007). The study of the gully erosion of the Aghajari marlian formation in Qasr-Shirin area. *Journal of Research and Development in Natural Resources, 20*(1), 32- 40. (Persian)

Ghodousi, J., & Davari-Rad, A. (2012). *The Effect of physical and chemical properties of soil in gully erosion evente and morphology of gullies, Collection of the 2nd Tehran erosion and sedimentation conference.* (Persian)

Ismail-Nejad, L., Sayed-Mohammadi, J., & Bakhshipour, R. (2012). The effect of physical, chemical and soil physiogical properties on the morphology of gullies in marlian lands of south of Guilan. *Researches in Watershed Journal, 25*(4), 7-16. (Persian)

Jahanatigh, M., & Tabeh, M. (2017). Comparing soil physico-chemical characteristics and trapezoidal and v-shaped gully morphology with different land uses in dry areas, case study: Hossinzahi and Nalint regions of Chabahar. *Journal of Engineering and Watershed Management, 9*(3), 308-317. (Persian)

Kardel, F., & Tajari, A. (2015). Influence of gully erosion on soil moisture of abandoned farming dry land and rangeland in loess land (Case study: Kale-Shour watershed, Golestan province). *Electronic Journal Soil Managment and Sustainable Production, 5*(2), 181-195. (Persian)

Khoojeh, N., Ghodousi, J., & Esmaeili, R. (2012). Investigation of the relation of soil physiochemical characteristics and initiation and expansion of gully erosion in Temer Ghareh Ghozi watershed, Golestan province. *Journal of Watershed Management Research, 3*(5), 27-41. (Persian)

Mallam, I., Iguisi, E. O., & Tasiu, Y. U. (2016). An assessment of gully erosion in kano metropolis, Nigeria. *Agricultural Science, 5*(1), 14-27 .

Mohammad Ebrahimi, M. R., & Vafakhah, M. (2015). Investigation of the role of soil and non-soil parameters in development of linear gully erosion in Agh Emam watershed. *Soil Researches Journal, 29*(4), 487-498 . (Persian)

Nohehgar ,A., & Heidarzadeh, M. (2011). Study of physico-chemical and morphometric properties of gully areas (case study: Gazir, Hormozgan). *Environmental Erosion Researches Journal, 1*(1), 29-43. (Persian)

Oparaku, L. A., & Iwar, R. T. (2018). Relationships between average gully depths and widths on geological sediments underlying the Idah-Ankpa Plateau of the North Central Nigeria. *International Soil and Water Conservation Research, 6*(1), 43-50 .[DOI:10.1016/j.iswcr.2017.12.003]

Oyegun, C. U., Erekaha, U., & Eludoyin, O. S. (2016). Gully characterization and soil properties in selected communities in Ideato South Lga, Imo State, Nigeria. *Nature and Science, 14*(2), 78-86 .

Poesen, J., Vanderkerckhove, L., Nachtergaele, J., Oostwoud Wijdenes, D., Verstraeten, G., & Wesemael, B. (2002). *Gully Erosion in Dryland Environments. Dryland Rivers: Hydrology and Geomorphology of Semi-Arid*. Channels. 229-262.

Refahi, H. (2009). *Water erosion and its control* (Six ed.). Tehran: Tehran University Press. (Persian)

Rienks, S. M., Botha, G. A., & Hughes, J. C. (2000). Some physical and chemical properties of sediments exposed in a gully (donga) in northern KwaZulu-Natal, South Africa and their relationship to the erodibility of the colluvial layers. *CATENA, 39*(1), 11-31. [DOI:10.1016/S0341-8162(99)00082-X]

Servati, M. R., Ghodousi, J., & Dadkhah, M. (2008). Effective factors in the formation and expansion of gully erosion in loss. *Research and Formation in Natural Resources, 21*(1), 20- 33. (Persian)

Shadfar, S. (2010). *Introduction to gully erosion* (First ed.). Tehran: Entekhab Publication. (Persian)

Shahrivar, A., Boon Sung, C., Jessop, S., Rahim, A., & Sufi, M. (2012). Roles of SAR and EC in gully erosion development (a case study of Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province, Iran) *Journal of Research in Agricultural Science, 8*(1), 1-12 .

Shit, P. K., Bhunia, G .S., & Maiti, R. (2013). Assessment of factors affecting ephemeral gully development in badland topography: A case study at garbheta badland (Pashchim Medinipur). *International Journal of Geosciences, 4*(2), 461-470. [DOI:10.4236/ijg.2013.42043]

www.SID.ir

Archive of SID

Tebebu, T., Abiy, A., Zegeye, A., Dahlke, H., Easton, Z., Tilahun, S., . . . Dadgari, F. (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. [DOI:10.5194/hess-14-2207-2010]

Valentin, C., Poesen, J., & Li, Y. (2005). Gully erosion: Impacts, factors and control. *CATENA*, *63*(2), 132-153 . [DOI:10.1016/j.catena.2005.06.001]

Yousefwand, S., Habibnejad, M., Soleimani, K., & Rezaei Pasha, M. (2013). Lithological and geological impacts on gully erosion (case study: Seif Abad watershed, Lorestan). *Water and Soil Science*, *17*(65), 139-151. (Persian)

www.SID.ir