

بررسی ارتباط عوامل مؤثر خاکی و غیرخاکی در ایجاد فرسایش خندقی خطی در حوزه آبخیز آق امام⁽²⁾

مریم محمدابراهیمی، محمدرضا جوادی¹ و مهدی وفاخواه

دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران؛ M.ebrahimi6328@gmail.com

استادیار گروه منابع طبیعی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران؛ javadi.desert@gmail.com

دانشیار گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی تربیت مدرس نور؛ M_vafakhah@gmail.com

دریافت: 94/2/16 و پذیرش: 94/10/7

چکیده

حوزه آبخیز آق امام⁽²⁾ با وسعت 2595 هکتار از جمله حوزه‌های آبخیزی از استان گلستان می‌باشد که از نظر فرسایش خاک و به ویژه فرسایش خندقی دارای مشکلات و معضلات قابل توجهی است. به منظور انجام این تحقیق در ابتدا تمامی خندق‌های خطی موجود در منطقه (به تعداد 11 خندق) مورد شناسایی قرار گرفتند. سپس با اخذ نمونه‌های خاک (به تعداد 11 نمونه) از مناطق داخل خندق‌ها و مناطق حوزه آبخیز بالا دست آن‌ها در دو عمق سطحی (0 تا 25 سانتی - متری) و زیر سطحی (عمق 25 تا 50 سانتی متری)، ویژگی‌های فیزیکی (درصد شن - درصد رس - درصد سیلت - درصد رطوبت اشباع و خصوصیات شیمیایی (هدایت الکتریکی - کربن آلی - آهک - ظرفیت تبادل کاتیونی - نسبت جذب سدیم - درصد سدیم تبدلی) خاک مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین عوامل غیرخاکی مؤثر در ایجاد خندق‌های خطی شامل طبقات شیب - طبقات ارتفاعی - نوع کاربری اراضی و لیتولوژی ارزیابی شدند. نتایج آزمون مقایسه میانگین نمونه‌های خاک به روش t - student نشان داد که از بین خصوصیات خاک، درصد رس (سطحی و زیر سطحی)، درصد سیلت (سطحی)، درصد رطوبت اشباع (زیر سطحی)، شوری (زیر سطحی)، کربن آلی (سطحی و زیر سطحی) و آهک سطحی و زیر سطحی (در سطح معنی‌دار یک درصد) و همچنین از بین فاکتورهای غیرخاکی، لیتولوژی سازند لسی (در سطح معنی‌داری پنج درصد) در ایجاد فرسایش خندق خطی در منطقه مورد مطالعه نقش مؤثری دارند.

واژه‌های کلیدی: فرسایش آبی، خصوصیات خاک خصوصیات غیرخاکی، خندق خطی، استان گلستان

¹ نویسنده مسئول، آدرس: مازندران، نور، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور، گروه منابع طبیعی

مقدمه

فرسایش خاک توسط آب که تحت عنوان فرسایش آبی مطرح است دارای قدمتی معادل پیدایش خشکی‌ها در کره زمین می‌باشد. پیامدهای حاصل از فرسایش خاک از نظر برخی از محققین آنقدر خطرناک تلقی شده است که ناپودی ظهور تمدن‌های گذشته را به نوعی به این پدیده نسبت داده‌اند. در این رابطه می‌توان به تحقیقات پیمنتال و همکاران (1997) اشاره نمود که بیان داشته‌اند که حدود 35 درصد از سطح خشکی‌های کره زمین به نوعی تحت تأثیر فرسایش خاک می‌باشد. در ایران، این مقدار حدود 50 درصد از سطح کل کشور را دربر می‌گیرد که میزان هدر رفت خاک در آن حدود 15 تن در هکتار در سال برآورد شده است (شهریور، 1375).

فرسایش آبی با اشکال مختلفی بر روی کره زمین ظاهر می‌شود که یکی از پیشرفته‌ترین آن، خندق‌ها می‌باشند که در اقلیم‌های مختلف سبب تلفات قابل ملاحظه خاک و تولید مقادیر فراوان رسوب می‌شود (شادفر، 1389). این نوع فرسایش در اثر انحلال و قلیایی بودن سازند در اراضی مختلف (جنگلی - مرتعی و زراعی) به وجود می‌آید و از پیامدهای آن می‌توان به پر شدن مخازن سدها، کاهش ظرفیت انتقال آبراهه‌ها، رودخانه‌ها و تخریب اراضی کشاورزی در پایین دست آن‌ها اشاره نمود (مونت گامری و دیتریخت، 1994).

احمدی (1378) در تعریف خندق، مکان بوجود آمدن آنرا مدنظر قرار می‌دهد و عقیده دارد که این نوع فرسایش در شیب‌های تا حداکثر 15 درصد در مناطق دشتی رخ داده و کمتر در مناطق دامنه‌ای بوقوع می‌پیوندد. بر اساس نظر مورگان (1978)، خندق‌ها با توجه به نحوه گسترش یا پروفیل طولی به سه دسته خطی - پنجه‌ای و جبهه‌ای تقسیم می‌شوند. بر اساس این تقسیم‌بندی، در نوع خندق خطی هر یک از خندق‌ها بصورت مجزا از هم بوده و دارای پروفیل طولی مستقیمی هستند که هر کدام دارای بریدگی‌های عمودی خاص خود می‌باشند. این نوع خندق‌ها عمدتاً در رسوبات گراولی و سازندهای ریزدانه که دارای مقدار کمی ماسه و شن هستند؛ تشکیل می‌شوند (سلیمانپور و همکاران، 1387). با توجه به اهمیت فرسایش خندقی در دنیا، مطالعات مختلفی در سراسر جهان صورت گرفته است که برخی از آنها به شرح زیر است:

رهنما راد و همکاران (1389) در تحقیق خود تحت عنوان خصوصیات شیمی خاک در ایجاد و پیشرفت فرسایش خندقی در منطقه دشتیاری چابهار گزارش کردند که مقدار شوری خاک - نسبت جذب سدیم - درصد

کاتیون تبدلی - درصد سدیم تبدلی و کاهش پوشش گیاهی نقش مهمی در ایجاد فرسایش خندقی در منطقه داشتند.

اسماعیل نژاد و همکاران (1391) به بررسی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و کانی شناسی خاک بر مورفولوژی آبکندها در اراضی مارنی جنوب استان گلستان پرداختند و گزارش نمودند که شکل‌گیری و ایجاد انواع شبکه آبکندها، تابعی از مقدار رس خاک - نوع رس ها - میزان سدیم محلول و تبدلی می‌باشد.

خوجه و همکاران (1391) در بررسی ارتباط خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و گسترش فرسایش خندقی در حوزه آبخیز تمرقوزی استان گلستان گزارش کردند که مقدار سیلت - املاح محلول و درصد رطوبت اشباع خاک در شکل‌گیری و گسترش خندق‌ها در سازند لسی تأثیر گذار بوده است.

زنجان‌ی جم و همکاران (1392) به بررسی خصوصیات شکل و اقلیم‌شناسی خندق‌ها به منظور طبقه‌بندی مناطق خندقی شده در استان زنجان پرداختند و گزارش نمودند که عوامل فرسایش‌پذیری خاک - تخریب پوشش گیاهی و تغییر کاربری اراضی (مرتع و دیم) مهمترین عوامل مؤثر در این رابطه می‌باشند.

ایگوی (2012) در مطالعه‌ای، به بررسی نقش خصوصیات خاک و فاکتورهای محیطی در فرسایش خندقی در جنوب شرقی نیجریه پرداخت و گزارش نمود که نوع لیتولوژی - اقلیم - مقدار شیب - درصد پوشش گیاهی و دخالت‌های نابجای انسانی بر توسعه خندق‌ها در منطقه مورد نظر نقش قابل ملاحظه‌ای دارند.

سولومون ایز و اوموگبو (2013) در ارزیابی فاکتورهای مؤثر در ایجاد و توسعه خندق‌ها در دانشگاه بنین گزارش کردند که زهکش‌های نامناسب انتهایی - محتوی کم رس - شرایط توپوگرافی خاص و فقدان پوشش گیاهی از عوامل مؤثر در ایجاد فرسایش خندقی در این منطقه می‌باشند.

کومارشیت و همکاران (2013) به ارزیابی فاکتورهای مؤثر در توسعه خندق‌های موقتی در مناطق بدلدی گاربتا مدینپور هند پرداختند و گزارش نمودند که مقدار شیب - توزیع بارندگی و رواناب ارتباط قوی با فرسایش خندقی دارند.

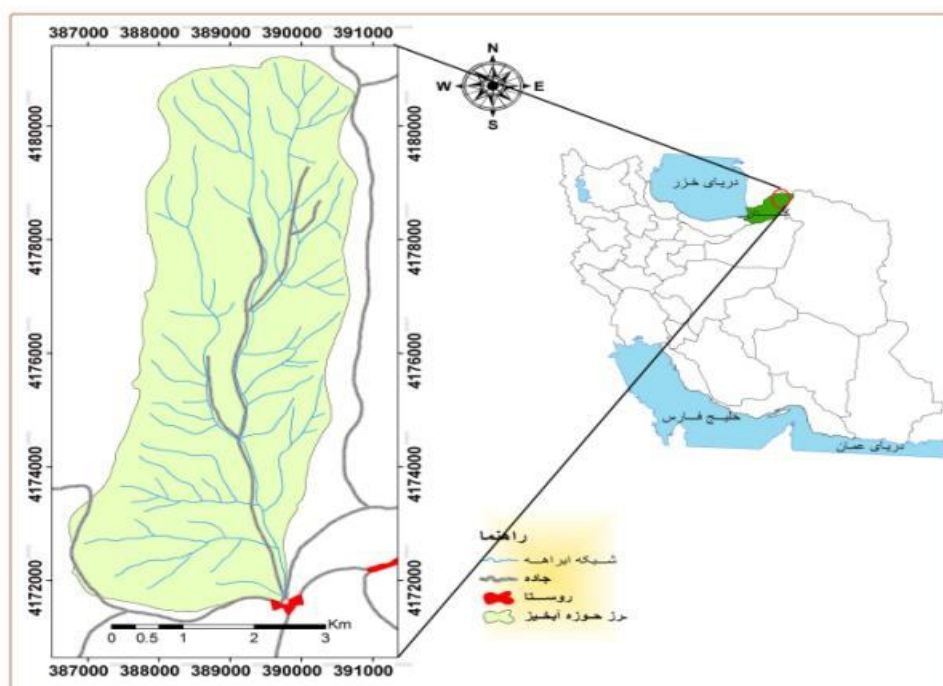
از جمله نوآوری این تحقیق می‌توان به بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد خندق از نوع خطی دانست که در کمتر تحقیقی تاکنون به آن پرداخته شده است. بطوریکه در اکثر تحقیقات انجام شده در رابطه با فرسایش خندقی، تمامی انواع خندق‌ها بطور یکجا مورد بررسی قرار گرفته -

ارتفاع حداقل و حداکثر این منطقه برابر با 360 و 880 متر است. شیب متوسط آن حدود 13/82 درصد می‌باشد. از نظر خصوصیات لیتولوژی، منطقه مورد مطالعه دارای سازندهای سنگانه (236 هکتار)، سازند لسی (2239 هکتار) و رسوبات آبرفتی عهد حاضر (120 هکتار) است. همچنین از نظر کاربری اراضی، سه نوع کاربری شامل؛ اراضی مرتعی (1727 هکتار)، اراضی کشاورزی (870 هکتار) و اراضی لخت و بایر (8 هکتار) را می‌توان در منطقه مشاهده نمود.

اند و این امر تا حدود بسیار زیادی عوامل مؤثر در وقوع هر یک از انواع خندق‌ها را تحت تأثیر قرار داده است.

مواد و روش‌ها

حوزه آبخیز آق امام (2) با مساحت حدود 2595 هکتار در محدوده $55^{\circ} 42' 52''$ تا $55^{\circ} 45' 43''$ طول شرقی و $37^{\circ} 41' 01''$ تا $37^{\circ} 46' 19''$ عرض شمالی در شرق استان گلستان واقع است. روستای عرب قره حاجی به عنوان مهم‌ترین منطقه مسکونی در این منطقه می‌باشد که در خروجی حوضه واقع شده است (شکل 1). بارندگی متوسط سالانه در منطقه مورد نظر حدود 480 میلی‌متر و



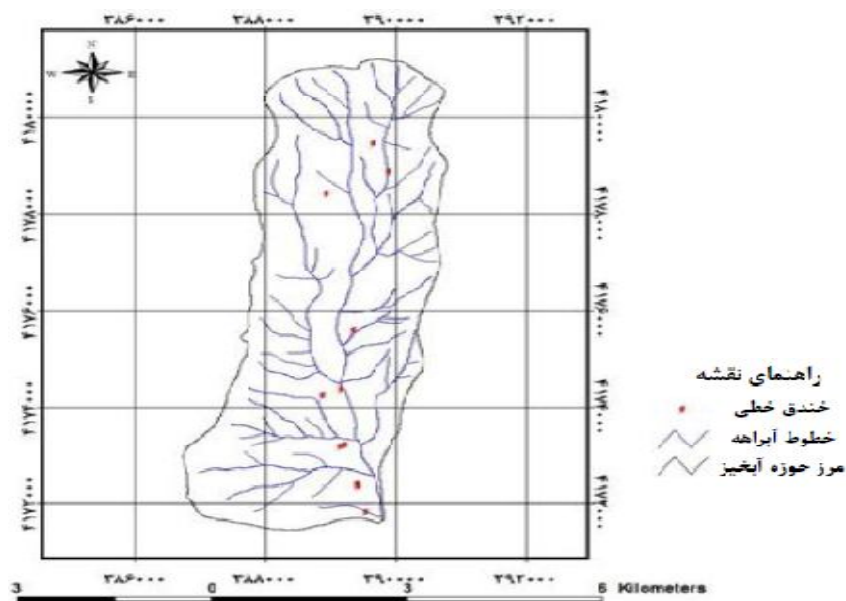
شکل 1- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در ایران و استان گلستان

روش تحقیق

ذکر شده برای هر یک از خندق‌های خطی به‌دست آمد (جدول 1).

برای اخذ نمونه‌های خاک و تجزیه و تحلیل‌های آزمایشگاهی خاکشناسی، تعداد 11 نمونه ترکیبی هم از خاک سطحی (0 تا 25 سانتی‌متری) و هم از خاک زیرسطحی (25 تا 50 سانتی‌متری) از مناطق محدوده خندق (جمعاً 22 نمونه خاک) و همچنین تعداد 22 نمونه خاک با همین کیفیت و کمیت از مناطق خارج از محدوده خندقی شده (واقع در منطقه حوزه آبخیز بالادست خندق-ها) جمع‌آوری گردید.

در ابتدا از طریق بازدید میدانی، موقعیت و محدوده کلی منطقه مورد مطالعه، مورد بازبینی قرار گرفت. در طی این مرحله، کل خندق‌های خطی موجود در منطقه به تعداد 11 عدد مورد شناسایی قرار گرفت. سپس موقعیت مکانی تمامی خندق‌ها با استفاده از دستگاه موقعیت یاب جهانی ثبت شد و نقشه پراکنش خندق‌های خطی در منطقه مورد مطالعه به‌دست آمد (شکل 2). پس از آن، با روی هم‌گذاری این نقشه با نقشه‌های لیتولوژی، طبقات مختلف شیب، ارتفاع (فواصل پنجاه متری) و کاربری اراضی منطقه، موقعیت مکانی هر خندق در هر کدام از خصوصیات فوق‌الذکر مشخص و خصوصیات



شکل 2- موقعیت جغرافیایی خندق‌های خطی در حوزه آبخیز آق امام (2)

جدول 1- ویژگی‌های خندق‌های خطی موجود در حوزه آبخیز آق امام (2)

شماره خندق	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	طبقه شیب (درصد)	طبقه ارتفاعی	نوع سازند	طول	عرض متوسط	عمق متوسط	حجم خندق (متر مکعب)
1	389546	4171663	5 تا 12	360 تا 400	لسی	35	3/67	3/2	411/25
2	389401	4172395	5 تا 12	360 تا 400	لسی	50	3/87	3/17	661/25
3	389436	4172362	5 تا 12	360 تا 400	لسی	100	3/53	4/23	1488/67
4	389139	4173170	12 تا 25	400 تا 450	لسی	175	2/45	3/37	1449
5	389226	4173204	12 تا 25	360 تا 400	لسی	50	2/88	4/07	577/17
6	389158	4174366	12 تا 25	360 تا 400	آبرفت عهد حاضر	45	5/53	4/5	1131/75
7	389349	4175585	12 تا 25	400 تا 450	آبرفت عهد حاضر	50	6/67	4/67	1568/75
8	388932	4178412	12 تا 25	600 تا 650	لسی	50	3/05	3/00	462/92
9	389655	4179447	12 تا 25	600 تا 650	لسی	60	3/43	3/17	646
10	389894	4178876	12 تا 25	550 تا 600	لسی	45	4/17	4/17	723/75
11	388872	4174243	12 تا 25	450 تا 500	لسی	35	6/58	3/83	891/04



شکل 3- نمایی از یک خندق خطی و منطقه حوزه آبخیز بالا دست آن

توجهی را داشته باشد (جدول 1) به طوری که بیش از 80 درصد تعداد خندق‌ها در این نوع سازند تشکیل شده است.

در ارتباط با نقش عوامل توپوگرافی (طبقات شیب و ارتفاعی) در ایجاد خندق‌های خطی بایستی خاطر نشان نمود که حدود 72 درصد از تعداد خندق‌های خطی در منطقه، در طبقه شیب 12 تا 25 درصد و مابقی آنها در طبقه شیب 5 تا 12 درصد مشاهده شده‌اند و در سایر طبقات شیب (0 تا 5 درصد و بیش از 25 درصد) هیچ خندق خطی وجود نداشته است.

نتایج حاصل از پایش میدانی در منطقه نشان داد که کاربری مرتع بیش‌ترین مساحت را در بین کاربری‌های موجود در منطقه مورد مطالعه دارد و حدود 64 درصد از خندق‌های خطی در این نوع کاربری تشکیل شده‌اند. هم‌چنین نتایج نشان داد که پراکنش خندق‌ها در بین دامنه ارتفاعی 360 تا 650 متر مشاهده می‌شود به طوری که در این بین، طبقه ارتفاعی 360 تا 400 متر از سهم بیش‌تری در این ارتباط برخوردار هستند.

بررسی‌های مورفومتریک خندق‌ها نشان داد که کوچک‌ترین خندق‌ها دارای طول 35 متر و بزرگترین آن‌ها، دارای طول معادل 175 متر می‌باشد و به طور کلی 90 درصد خندق‌ها دارای طولی کمتر از 120 متر هستند. از این‌رو بر اساس تقسیم بندی طولی، جز خندق‌های کوچک به حساب می‌آیند (شادفر، 1389). از طرفی عمق متوسط خندق‌ها در منطقه، معادل 4/17 متر می‌باشد و بر اساس تقسیم‌بندی فائو حدود 83 درصد خندق‌ها در طبقه متوسط (با عمق 1 تا 5 متر) قرار دارند. هم‌چنین عرض متوسط خندق‌ها معادل 3/5 متر برآورد شده است.

پس از اخذ نمونه‌های خاک از منطقه، آن‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند و خصوصیات درصد رس، درصد سیلت، درصد شن، درصد رطوبت اشباع، هدایت الکتریکی، درصد ماده آلی، درصد مواد خثی شونده، درصد تبادل کاتیونی، درصد سدیم تبدالی، نسبت جذب سدیم برای دو عمق مورد نظر، مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

در ادامه، به منظور تجزیه و تحلیل‌های آماری، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (در هر یک از دو عمق)، از آزمون مقایسه میانگین‌های دو جامعه آماری و نیز آماره t-Student به منظور معنی‌داری و عدم معنی‌داری متغیرهای مورد بررسی، استفاده شد. هم‌چنین به منظور تجزیه و تحلیل‌های آماری، تأثیر عوامل غیرخاک (طبقات شیب، طبقات ارتفاعی، انواع لیتولوژی و کاربری اراضی در ایجاد خندق‌های خطی از روش آماری ناپارامتریک (آزمون کای اسکوئر) استفاده گردید.

نتایج

بررسی‌های ابتدایی به عمل آمده از طریق بازدید میدانی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که عوامل مختلفی در پیدایش خندق‌های خطی در منطقه مورد مطالعه مؤثر است. بدین منظور بر اساس اهداف و محدودیت‌های تحقیق برخی متغیرها نظیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک سطحی و زیر سطحی، طبقات مختلف شیب، طبقات مختلف ارتفاعی، انواع لیتولوژی، انواع کاربری اراضی در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند.

نتایج به دست آمده بیان‌کننده آن است که عمده سازند موجود در منطقه، سازند و تشکیلات لسی می‌باشد که در ایجاد خندق‌های خطی توانسته است اثر قابل

جدول 2- نتایج حاصل از آزمون کای اسکوئر به منظور بررسی تأثیر عوامل غیر خاکی مورد بررسی در ایجاد خندق‌های خطی

متغیر مورد بررسی	مقدار کای اسکوئر پیرسون	درجه آزادی	سطح معناداری
لیتولوژی	4/455	1	0/035*
طبقات ارتفاعی	4/909	4	0/297 ^{ns}
طبقات شیب	2/273	1	0/132 ^{ns}
کاربری اراضی	4/455	1	0/096 ^{ns}

*: معناداری در سطح 5 درصد

جدول 3- نتایج حاصل از مقایسه میانگین بین مقادیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های سطحی محدوده داخل و خارج خندق‌های خطی

متغیر مورد بررسی	محدوده نمونه گیری	میانگین	آزمون لون برای تعیین برابری واریانس‌ها		آزمون t برای تعیین برابری میانگین‌ها	
			مقدار f	معنی - سطح داری	مقدار t	درجه آزادی
درصد	داخل	13/67	4/244	0/053	-0/579	20
شن	خارج	15/68			-0/579	15/68
درصد	داخل	59/93	6/949	0/016	2/699	20
سیلت	خارج	49/36			2/699	12/796
درصد	داخل	26/91	0/099	0/757	-2/881	20
رس	خارج	35/22			-2/881	19/570
درصد	داخل	49/47	0/4	0/844	-1/66	20
رطوبت اشباع	خارج	45/77			-1/66	20
هدایت الکتریکی	داخل	14/51	0/140	0/712	0/860	20
	خارج	12/88			0/860	19/90
ماده آلی	داخل	1/38	0/022	0/884	-3/568	20
	خارج	1/65			-3/568	19/75
درصد مواد خنثی	داخل	40/36	0/677	0/420	5/809	20
شونده	خارج	35/47			5/809	17/402
ظرفیت تبادل کاتیونی	داخل	10/127	0/081	0/778	0/583	20
	خارج	9/26			0/583	19/95
نسبت جذب سدیم	داخل	40/51	0/065	0/802	0/586	20
	خارج	37/04			0/586	19/94
درصد سدیم	داخل	49/01	0/001	0/982	0/802	20
تبادلی	خارج	45/49			0/802	19/96

ns: عدم اختلاف معنی دار * : اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد ** : اختلاف معنی دار در سطح یک درصد

مؤثر خاکی در ایجاد انواع مختلف خندق‌های خطی و پنجه‌ای اشاره نمود. بطوریکه در اکثر مطالعات انجام شده، مجموعه خندق‌های خطی و پنجه‌ای موجود در منطقه مطالعاتی مورد نظر بطور یکجا در نظر گرفته شده است، چه بسا که در صورت جداسازی مطالعات بر حسب نوع خندق‌ها در هر کدام از مناطق مطالعاتی مورد نظر، نتایج به گونه‌ای دیگر بدست می‌آمده است.

به منظور شناسایی تأثیر آن دسته از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک زیر سطحی که در ایجاد خندق‌های خطی در منطقه نقش داشته‌اند، اقدام به بررسی خصوصیات خاک زیرسطحی شد که نتایج آن به شرح جدول شماره 4 می‌باشد.

همان‌طور که از جدول شماره 3 استنباط می‌شود از بین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک سطحی، درصد سیلت، درصد رس، ماده آلی و درصد مواد خنثی شونده در ایجاد فرسایش خندقی اثر معنی‌داری داشته‌اند و سایر عوامل اثر معنی‌داری از خود نشان نداده‌اند که از جمله آنها می‌توان به عدم نقش مؤثر و معنی‌دار متغیرهای مقدار هدایت الکتریکی، درصد تبادل کاتیونی، نسبت جذب سدیم، درصد سدیم تبادلی و درصد رطوبت اشباع خاک سطحی در ایجاد خندق‌های خطی در منطقه مورد نظر اشاره نمود هر چند که این مقادیر در خاک‌های محدوده مناطق خندقی بیشتر می‌باشد اما از نظر آماری تفاوت معنی‌دار نبوده است. از جمله دلایل این امر می‌توان به عدم وجود مطالعات جداگانه در ارتباط با شناسایی عوامل

جدول 4- نتایج حاصل از مقایسه میانگین مقادیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های زیرسطحی محدوده داخل و خارج

مغیر		محدوده		میانگین		آزمون لون برای تعیین برابری واریانس‌ها		آزمون t برای تعیین برابری میانگین‌ها	
مورد بررسی	نمونه‌گیری	مقدار f	سطح معنی‌داری	مقدار t	درجه آزادی	سطح معنی‌داری	سطح معنی‌داری	مقدار t	سطح معنی‌داری
درصد	داخل	17/02	با فرض برابری واریانسها	6/172	20	0/022	0/527 ^{ns}	0/644	20
شن	خارج	15/66	با فرض عدم برابری واریانسها	4/431	15/325	0/048	0/527 ^{ns}	0/644	15/325
درصد	داخل	52/43	با فرض برابری واریانسها	4/818	20	0/048	0/361 ^{ns}	0/935	20
سیلت	خارج	48/13	با فرض عدم برابری واریانسها	4/818	11/925	0/048	0/368 ^{ns}	0/935	11/925
درصد	داخل	27/56	با فرض برابری واریانسها	4/818	20	0/048	0/007*	0/048	20
رس	خارج	36/2	با فرض عدم برابری واریانسها	4/818	13/467	0/048	0/007*	0/048	13/467
درصد	داخل	51/78	با فرض برابری واریانسها	0/08	20	0/780	0/000**	4/247	20
رطوبت	خارج	46/37	با فرض عدم برابری واریانسها	0/08	19/99	0/780	0/000**	4/247	19/99
اشباع									
هدایت	داخل	19/27	با فرض برابری واریانسها	0/032	20	0/860	0/000**	5/250	20
الکتریکی	خارج	11/93	با فرض عدم برابری واریانسها	0/153	19/67	0/700	0/000**	5/250	19/67
ماده آلی	داخل	1/07	با فرض برابری واریانسها	0/153	20	0/700	0/025*	-2/422	20
	خارج	1/25	با فرض عدم برابری واریانسها	0/141	19/20	0/712	0/025*	-2/422	19/20
درصد مواد	داخل	41/86	با فرض برابری واریانسها	0/141	20	0/712	0/001*	3/752	20
خشی	خارج	36/09	با فرض عدم برابری واریانسها	0/141	19/436	0/712	0/001*	3/752	19/436
شونده									
ظرفیت	داخل	9/41	با فرض برابری واریانسها	0/611	20	0/443	0/192 ^{ns}	1/351	20
تبادل	خارج	7/23	با فرض عدم برابری واریانسها	0/611	19/05	0/443	0/193 ^{ns}	1/351	19/05
کانیونی									
نسبت	داخل	40/57	با فرض برابری واریانسها	0/294	20	0/593	0/154 ^{ns}	1/484	20
جذب	خارج	33/24	با فرض عدم برابری واریانسها	0/294	19/324	0/593	0/154 ^{ns}	1/484	19/324
سدیم									
درصد	داخل	41/86	با فرض برابری واریانسها	0/141	20	0/976	0/237 ^{ns}	1/219	20
سدیم	خارج	36/09	با فرض عدم برابری واریانسها	0/141	19/986	0/976	0/237 ^{ns}	1/219	19/986
تبادلی									

ns: عدم اختلاف معنی‌دار * : اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد ** : اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد

کلی در ارتفاع کمتر از 450 متر از سطح تراز دریا بوده است و در ارتفاعات بیشتر، تعداد خندق‌های خشی کمتر می‌شود. نتایج مشابهی نیز توسط برخی محققان دیگر گزارش شده است (ثروتی و همکاران، 1378؛ بیاتی خطیبی و همکاران، 1390؛ خزایی و همکاران، 1391؛ تشکری، 1392).

در ارتباط با اثرگذاری طبقات مختلف شیب در منطقه مورد مطالعه در ایجاد خندق‌های خشی بایستی بیان نمود که طبقه شیب 12 تا 25 درصد و پس از آن طبقه شیب 5 تا 12 درصد بیشترین سهم را در ایجاد خندق‌های خشی داشته‌اند هر چند که این اثرگذاری از نظر آماری معنی‌دار نبوده است. علت این امر را می‌توان در دو مورد جستجو نمود. اول آن‌که در شیب‌های خیلی کم به علت تراکم خاک و کم بودن قدرت جریان به ویژه جریان‌های

توجه به جدول فوق نشان می‌دهد که تنها متغیرهای درصد رس، درصد رطوبت اشباع، هدایت الکتریکی، ماده آلی و درصد مواد خشی شونده نقش مؤثر و معنی‌داری در ایجاد فرسایش خندق خشی در منطقه از خود نشان داده‌اند. و سایر خصوصیات اثر معنی‌داری از خود نشان نداده‌اند هر چند که مقادیر آنها در محدوده مناطق خندقی بیشتر از مناطق خارج از خندق بوده است اما این تفاوت معنی‌دار نمی‌باشد.

بحث

در منطقه مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری در مورد تأثیر طبقات مختلف ارتفاعی در ایجاد خندق‌های خشی وجود نداشته است هر چند که بیشترین تعداد خندق‌های خشی ایجاد شده در طبقه ارتفاعی 350 تا 400 متر و بطور

شده است. (ثقفی و همکاران، 1388؛ جعفری گرزین و همکاران، 1388؛ تشکری، 1392؛ علیپور، 1393).

بررسی‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میزان درصد شن هم در خاک‌های سطحی و هم در خاک‌های زیر سطحی محدوده داخل و خارج (منطقه واقع در حوزه آبخیز بالادست خندق‌ها) از خندق خطی وجود ندارد. به عبارت دیگر نقش مقدار شن در ایجاد خندق‌های خطی تأثیرگذار نبوده و نقش قابل ملاحظه‌ای نداشته است. نتایج مشابهی از این بخش از تحقیق توسط برخی پژوهشگران نیز گزارش شده است (ثروتی و همکاران، 1378؛ عرب قشقایی و همکاران، 1390؛ خزایی و همکاران، 1391؛ خوجه و همکاران، 1391، تشکری، 1392).

در ارتباط با درصد سیلت، نتایج نشان داد که بین درصد سیلت خاک‌های سطحی خندق‌های خطی و درصد سیلت خاک‌های سطحی مناطق خارج از محدوده خندق‌ها (منطقه واقع در حوزه آبخیز بالادست خندق‌ها) اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد وجود دارد. به طوری که مقدار سیلت در محدوده داخل خندق‌ها بیش‌تر از منطقه خارج از محدوده خندق‌ها بوده است اما در خاک‌های زیر سطحی اختلاف معنی‌داری در بین منطقه خارج از محدوده خندق‌ها و محدوده داخل خندق‌ها از نظر درصد سیلت مشاهده نشد. توجه به این یافته‌ها نشان می‌دهد که به علت وجود مقدار بیش‌تر ذرات سیلت (که به عنوان ذرات حساس به فرسایش مطرح هستند) در خاک‌های محدوده خندق‌های خطی، مقاومت خاک سطحی در برابر عوامل فرسایش دهنده نظیر جریان‌های سطحی کم‌تر شده و خاک به فرسایش، حساسیت بیش‌تری از خود نشان خواهد داد در نتیجه شرایط برای ایجاد مراحل اولیه فرسایش خندقی مهیا می‌گردد. در نهایت پس از تشکیل مراحل اولیه خندق، سایر عوامل منجر به ادامه فرسایش و توسعه خندق‌ها خواهد شد. نتایج مشابهی نیز توسط سایر محققان گزارش شده است (بیاتی خطیبی و همکاران، 1390؛ خوجه و همکاران، 1391؛ یشربی و همکاران، 1392؛ افشاری، 1392؛ تشکری، 1392).

از نظر مقدار رس بایستی بیان نمود که اختلاف معنی‌داری هم در بین خاک‌های سطحی و هم در بین خاک‌های زیر سطحی محدوده مناطق خندقی و محدوده خارج از خندق‌های خطی (منطقه واقع در حوزه آبخیز بالادست خندق‌ها) در سطح 5 درصد وجود داشته به طوری که مقدار رس در خاک‌های سطحی و زیر سطحی مناطق خارج از محدوده مناطق خندق‌های خطی بیش‌تر

زیر قشری، جریان آب قادر به ایجاد مراحل اولیه خندق یعنی تونل و هدکات نمی‌باشد بنابراین عملاً در این شیب‌ها امکان ایجاد خندق بسیار پایین است. در شیب‌های بیش‌تر از 25 درصد نیز به علت کاهش ضخامت خاک و هم‌چنین نفوذپذیری کمتر، امکان ایجاد خندق محدود می‌باشد، اما در طبقات شیب 12 تا 25 درصد و 5 تا 12 درصد به علت برخورداری از شیب کافی و متعاقب آن تولید رواناب بیشتر و نیز وجود خاک و رسوبات با ضخامت مناسب و هم‌چنین در اختیار بودن زمان کافی برای جریان‌های سطحی جهت نفوذ به داخل خاک و ایجاد مراحل اولیه تشکیل خندق، تراکم خندق‌ها بیشتر است. نتایج مشابهی توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است (دی‌استفانو و همکاران، 2013؛ ثروتی و همکاران، 1385؛ راهی و همکاران، 1388؛ یمانی و همکاران، 1390؛ بیاتی خطیبی و همکاران، 1390؛ مقصودی و همکاران، 1391؛ فیض‌نیا و همکاران، 1386؛ تشکری، 1392؛ علیپور، 1393).

از نظر تأثیر نوع لیتولوژی در ایجاد خندق خطی در منطقه مورد مطالعه، نتایج نشان داد که نوع لیتولوژی تأثیر معنی‌داری در ایجاد خندق‌های خطی داشته است. بطوریکه نوع لیتولوژی لس توانسته بیش‌ترین اثرگذاری را در ایجاد خندق‌های خطی از خود نشان دهد. علت را می‌توان در حساسیت بسیار بالای این سازند و این نوع لیتولوژی به فرآیند فرسایش خاک بخصوص فرسایش انحلالی دانست. به طوریکه این اراضی به دلیل ضخامت لایه و ریز دانه بودن، شرایط را جهت ایجاد و توسعه خندق‌های خطی در منطقه مورد مطالعه فراهم نموده است. بطوریکه انحلال‌پذیری زیاد سازند لسی که از نظر زمین‌شناسی از رس و آهک همراه با مارن هستند در اثر پدیده انحلال و راهروهای زیرزمینی ایجاد شده و به تدریج این آبراهه‌ها توسعه پیدا کرده و سقف آن ریزش نموده و نهایتاً خندق ایجاد می‌گردد. نتایج مشابهی توسط تعدادی از محققان نیز در این مورد گزارش شده است (زارع مهرجردی و همکاران، 1384؛ صیادی، 1385؛ شادفر و همکاران، 1386؛ ثروتی و همکاران، 1387؛ خوجه و همکاران، 1388؛ راهی و همکاران، 1388؛ بیاتی خطیبی و همکاران، 1390؛ تشکری، 1392؛ علیپور، 1393).

بررسی‌ها در ارتباط با اثر نوع کاربری اراضی در ایجاد خندق‌های خطی نشان داد که انواع کاربری اراضی تأثیر معنی‌داری را در ارتباط با ایجاد خندق‌های خطی در منطقه از خود نشان نداده‌اند هر چند که کاربری مرتع سهم بیش‌تری را در ایجاد این خندق‌ها از خود نشان داده است. نتایج مشابهی توسط برخی از محققین دیگر گزارش

فرسایش‌پذیری خاک زیرسطحی و توسعه مناطق خندقی خواهد شد. نتایج مشابهی توسط برخی پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است (صیادی، 1385؛ عرب قشقایی و همکاران، 1390؛ خوجه و همکاران، 1391؛ تشکری، 1392؛ آونی، 2005؛ بوخیر و همکاران، 2008).

نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ماده آلی خاک سطحی و زیرسطحی در داخل و خارج از محدوده مناطق خندق خطی (منطقه واقع درحوزه آبخیز بالادست خندق‌ها) وجود دارد. علت آن است که خاک مناطق محدوده مناطق خندق خطی به علت از بین رفتن مواد آلی و معدنی دچار تخریب شده و از سوی دیگر نسبت به مناطق شاهد دارای پوشش گیاهی کمتر می‌باشد. از اینرو از نظر مواد آلی بسیار فقیرتر می‌باشد که این عامل موجب شتاب بیشتر در توسعه خندق‌ها شده است. نتایج مشابهی توسط برخی محققین در این رابطه گزارش شده است (عرب قشقایی و همکاران، 1390؛ تشکری، 1392).

بررسی‌ها در ارتباط با آهک و مواد خشتی شونده نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح یک و پنج درصد به ترتیب برای خاک‌های سطحی و زیر سطحی در محدوده داخل خندق‌های خطی و خارج از آنها (منطقه واقع در حوزه آبخیز بالادست خندق‌ها) وجود دارد. نتایج مشابهی توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (فیض‌نیا و همکاران، 1386؛ سلیمانپور و همکاران، 1388؛ آونی، 2005؛ خوجه و همکاران، 1391؛ یشربی و همکاران، 1392؛ علیپور، 1393).

در مورد ظرفیت تبادل کاتیونی، نسبت جذب سدیم و درصد سدیم تبدالی نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری از نظر این متغیر هم در خاک‌های سطحی و هم در خاک‌های زیر سطحی در محدوده خاک‌های داخل و خارج از محدوده خندق‌ها (منطقه واقع درحوزه آبخیز بالادست خندق‌ها) خطی وجود ندارد. نتیجه مشابهی توسط محقق دیگر نیز گزارش شده است (افشاری، 1392).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی در منطقه مورد مطالعه فرسایش خندقی خطی از اهمیت و گستردگی قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. به‌طوری‌که منجر به تخریب منابع آب و خاک و تاسیسات زیر بنایی به‌ویژه راه‌های ارتباطی و اراضی مرتعی شده است که ادامه روند می‌تواند خسارت قابل ملاحظه بیشتری را سبب گردد. در ایجاد این خندق‌ها در منطقه مورد مطالعه بی شک موارد بسیاری نقش داشته‌اند که از جمله آنها شدت و مدت بارندگی، وسعت حوزه آبخیز بالادست خندق‌ها، خصوصیات هیدرولوژی،

بوده است. همان‌طور که می‌دانیم ذرات رس غیرتورم‌پذیر به دلیل چسبندگی زیادی که دارند در مقابل عوامل فرسایش دهنده از خود مقاومت نشان می‌دهند با توجه به آن‌که در محدوده خندق‌های خطی مقدار رس غیر تورم‌پذیر کم‌تر است این امر منجر به آن می‌شود که خاصیت چسبندگی خاک کم‌تر شده و خاک با توجه به زیاد بودن مقدار سیلت و زیاد بودن رس‌های تورم‌پذیر در مقابل عوامل فرسایشی از خود مقاومت کمتری نشان دهند. نتیجه مشابهی توسط برخی از محققین گزارش شده است (سلیمانپور و همکاران، 1388).

بررسی‌ها در ارتباط با درصد رطوبت اشباع نشان داد که بین خاک‌های سطحی در محدوده مناطق خندق خطی و مناطق خارج از محدوده خندق‌ها (منطقه واقع در حوزه آبخیز بالادست خندق‌ها) اختلاف معنی‌داری وجود نداشته است. بررسی‌ها در ارتباط با درصد رطوبت اشباع خاک زیرسطحی نشان از اختلاف معنی‌داری این متغیر در بین خاک‌های زیر سطحی داخل و خارج از محدوده مناطق خندق‌های خطی دارد. به طوری‌که در خاک زیرسطحی محدوده خندق‌ها، درصد رطوبت اشباع بیش‌تری نسبت به خاک زیرسطحی خارج از محدوده خندق‌های خطی وجود دارد. وجود درصد رطوبت اشباع بیشتر در خاک زیرسطحی محدوده خندق‌ها نشان از وجود جریانات زیرقشری در محدوده آن‌ها است. وجود مقدار سیلت قابل ملاحظه در خاک‌های داخل خندق‌ها از یک طرف و وجود رطوبت مناسب از طرف دیگر شرایط را برای ایجاد فرسایش و توسعه خندق‌ها فراهم می‌نماید. نتایج مشابه این بخش از تحقیق توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (کریمی، 1377؛ خوجه و همکاران، 1391؛ تشکری، 1392؛ افشاری، 1392).

بررسی‌ها در ارتباط با شوری خاک سطحی در محدوده داخل خندق‌های خطی و مناطق خارج از محدوده مناطق خندقی (منطقه واقع درحوزه آبخیز بالادست خندق‌ها) نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین شوری خاک سطحی داخل و خارج از محدوده خندق‌ها وجود ندارد. همچنین بررسی‌ها در ارتباط با شوری خاک زیر سطحی محدوده داخل و خارج از خندق‌ها نشان از اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد دارد به طوری‌که مقدار شوری خاک زیر سطحی محدوده داخل خندق‌ها بیشتر از محدوده خارج از خندق‌ها می‌باشد. بدین ترتیب می‌توان اثر شوری را در ایجاد خندق‌ها مؤثر دانست. علت را می‌توان در این مطلب دانست که افزایش مقدار شوری در خاک زیرین در داخل مناطق خندقی نه تنها باعث هم پاشیدگی بافت و ساختمان خاک می‌گردد، بلکه باعث

های خطی می‌توان بیان نمود که متغیر هدایت الکتریکی تنها برای خاک زیر سطحی، ماده آلی و آهک برای خاک سطحی و زیر سطحی اثر گذار بوده است. در ارتباط با عوامل غیر خاکی بایستی بیان نمود که تنها نوع لیتولوژی توانسته است برای ایجاد خندق خطی اثر گذاری خود را بطور معنی‌داری نشان دهد و سایر عوامل هر چند دارای تفاوت‌هایی بودند اما اثر گذاری آنها در این رابطه معنی‌دار نبوده است.

خصوصیات خاک، طبقات شیب، طبقات ارتفاعی، نوع کاربری اراضی و نوع لیتولوژی را می‌توان نام برد که برخی از آنها بنابه اهداف تحقیق مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. توجه به نتایج نشان می‌دهد که در منطقه مورد مطالعه از بین خصوصیات فیزیکی مورد مطالعه مقدار درصد سیلت برای خاک‌های سطحی، درصد رس برای خاک‌های سطحی و زیر سطحی و مقدار درصد رطوبت اشباع برای خاک‌های زیر سطحی تأثیر گذار بوده است. در رابطه با اثر خصوصیات شیمیایی خاک در ایجاد فرسایش خندق-

فهرست منابع:

1. احمدی، ح. 1378. ژئومورفولوژی کاربردی (فرسایش آبی). جلد 1. انتشارات دانشگاه تهران. 688 صفحه.
2. اسماعیل نژاد، ل؛ جواد سید محمدی و رمضان بخشی پور. 1391. تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و کانی‌شناسی خاک بر مرفولوژی آبکندها در اراضی ماری جنوب استان گیلان. نشریه پژوهش و سازندگی. شماره 97.
3. افشاری، م. 1392. بررسی عوامل مؤثر در وقوع فرسایش خندقی با تأکید بر عوامل توپوگرافیکی و اداکیکی در منطقه سمیرم. پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری. دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور. 110 صفحه.
4. بیاطی خطیبی، م؛ محمدرضا رجیبی و فرهاد کریمی. 1390. بررسی آستانه‌های توپوگرافی و تحلیل نقش سازندهای سطحی در توسعه خندق‌ها در دامنه کوهستان‌های نواحی نیمه خشک (مطالعه موردی: حوضه شورچای). مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی. شماره 12-1:41.
5. تشکری، م. 1392. بررسی عوامل مؤثر در ایجاد فرسایش خندقی در حوزه آبخیز کال آجی. پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور. 115 صفحه.
6. ثروتی م، جمال قدوسی و محمدرضا دادخواه. 1387. عوامل مؤثر در شکل‌گیری و گسترش فرسایش خندقی در لس‌ها. نشریه پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره 33-20:78.
7. ثقفی، م و رضا اسماعیلی. 1388. تحلیلهای مورفومتری عوامل مؤثر در تشکیل و تحول آبکندها در حوضه آبریز شاخن (استان خراسان جنوبی). فصل‌نامه جغرافیا و توسعه. شماره 15: 31-43.
8. جعفری گرزین، ب و عطا الله کاویان. 1388. ارزیابی وقوع فرسایش خندقی در حوزه آبخیز سرخ آباد مازندران با استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. شماره 3: 1-13.
9. خزایی، م؛ آرش شفیعی و علی ملایی. 1391. بررسی تأثیر عوامل مؤثر بر توسعه فرسایش آبکندی در حوزه آبخیز مارون. مجله پژوهش‌های خاک. شماره 28: 153-163.
10. خوجه، ج؛ جمال قدوسی و رضا اسماعیلی. 1391. بررسی ارتباط خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و گسترش فرسایش خندقی در حوزه آبخیز نمرقره قوزی استان گلستان. نشریه پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. شماره 5: 27-41.
11. دادخواه، م. 1386. شناسایی اثر برخی از فاکتورهای مؤثر بر توسعه فرسایش خندقی در مناطق لسی (مطالعه موردی: محدوده حوزه آبخیز عرب قره حاجی در استان گلستان). پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی تهران. 105 صفحه.
12. راهی، غ؛ علی نظری سامانی؛ حسن احمدی و علی سلاجغه. 1388. تأثیر ویژگی‌های خاک در نوع ساز و کار ایجاد خندق و مرفولوژی آن در منطقه گناوه. نشریه مرتع و آبخیزداری. شماره 4: 459-472.

13. رهنماد راد، ج؛ فریدون خسروی و شکوفه ریگی نژاد. 1389. خصوصیات شیمی خاک در ایجاد و پیشرفت فرسایش خندقی در منطقه دشتیاری چابهار. فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی. سال ششم. شماره 1: 9-16.
14. زارع مهرجردی، م؛ مجید صوفی؛ سعید چوپانی و جمشید برخورداری. 1384. بررسی رابطه ویژگی‌های مورفولوژیکی آبکند با خصوصیات خاک در منطقه کندوان هرمزگان. مجموعه مقالات سومین همایش فرسایش و رسوب تهران: 562-565.
15. زنجانی جم، م؛ مجید صوفی؛ رضا بیات و مسعود رسولی. 1392. بررسی خصوصیات شکل - اقلیم شناسی خندق‌ها به منظور طبقه‌بندی مناطق خندقی شده در استان زنجان. نشریه پژوهش‌های آبخیزداری. شماره 99: 2-12.
16. سلیمانپور، م؛ مجید صوفی و حسن احمدی. 1387. بررسی نقش کاربری‌های گوناگون اراضی در ایجاد فرسایش آبکندی در استان فارس. نشریه علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. شماره 3: 66-68.
17. سلیمانپور، م؛ مجید صوفی و حسن احمدی. 1388. تعیین عوامل مؤثر بر گسترش آبکندها در منطقه کنار تخته استان فارس. نشریه آب و خاک. شماره 33: 131-141.
18. سلیمانپور، س؛ مجید صوفی و حسن احمدی. 1389. بررسی آستانه توپوگرافی و عوامل مؤثر بر رسوب زایی و گسترش خندق‌ها در منطقه نی ریز استان فارس. نشریه مرتع و آبخیزداری. شماره 63: 41-53.
19. شادفر، ص؛ مهدی فتاحی؛ محمد نمکی؛ آرش شریفی و نبی‌الله پی‌لشکریان. 1386. بررسی برخی از عوامل مؤثر بر فرسایش خندقی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز قشلاق البرز). سومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک: 740-743.
20. شادفر، ص. 1389. مقدمه‌ای بر فرسایش خندقی. انتشارات انتخاب. 141 صفحه.
21. شهریورع. 1375. مطالعه عوامل مؤثر در ایجاد فرسایش خندقی و پیشنهاد یک مدل در منطقه سوق شهرستان دهدشت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد منابع طبیعی دانشگاه تهران. 124 صفحه.
22. صیادی، م. 1385. بررسی اثر برخی از عوامل مؤثر بر توسعه فرسایش خندقی در سازند لسی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کچیک استان گلستان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. 115 صفحه.
23. عرب قشقای، ز؛ داریوش نیک‌نامی؛ صمد شادفر و ابوالفضل معینی. 1390. پهنه‌بندی فرسایش خندقی در حوزه آبخیز طرود فیروزکوه. فصلنامه جغرافیایی سرزمین. شماره 31: 107 تا 119.
24. علی‌پور، ک. 1393. بررسی روند و شناسایی عوامل مؤثر در ایجاد و توسعه فرسایش خندقی در حوزه آبخیز چنارلی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری. دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور. 130 صفحه.
25. فیض‌نیا، س؛ مسیب حشمتی؛ حسن احمدی و جمال قدوسی. 1386. بررسی فرسایش آبکندی سازند مارنی آغاچاری در منطقه قصر شیرین. مجله پژوهش و سازندگی. شماره 74: 32-40.
26. کریمی، م. 1377. بررسی عوامل مؤثر بر فرسایش خندقی و معرفی مناسبترین راه‌های مهار آن در منطقه زهان قائن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس نور.
27. مقصودی، م؛ صمد شادفر و محمدرضا عباسی. 1391. پهنه‌بندی حساسیت اراضی به فرسایش خندقی در حوضه زواریان استان قم. نشریه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی. شماره 2: 35-52.
28. یشربی، ب. فاطمه نور محمدی؛ حمیدرضا صادقی و مجید صوفی. 1392. تعیین نقش عوامل توپوگرافی در آغاز فرسایش آبکندی (مطالعه موردی: دره شهر ایلام). نشریه علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. شماره 21: 53-58.
29. یمانی، م محمود موغلی و هادی کریمی. 1390. فرسایش خندقی و تأثیر آن بر توسعه سکونت گاهی در بخش مرودشت. فصل‌نامه جغرافیای طبیعی. شماره 44: 12-29.

30. Avni, Y. 2005. Gully incision as a key factor in desertification in an arid environment. the Negev High lands. *Catena*. 63:185-220.
31. Bou kheir, R., Chorowicz, J., Abdollah, C., and Dhont, D. 2008. Soil and bed rock distribution estimated from gully form and frequency: A GIS-based decision-tree model form Lebanon. *Geomorphology*. 93:482-492.
32. Bouma, N.A., Imeson, A.C. 2000. Investigation of relationships between measured field indicators and erosion processes on Badland surface at petrer, Spain. *Catena*. 40:147-171.
33. Distefano, C., Ferro, V., Pampalone, V., and Sanzone, F. 2013. Field investigation of rill and ephemeral gully erosion in the Sparacia experimental area, South Italy. *Catena*. 75:226-234.
34. Igwe, C.A. 2012. Gully erosion in Southeastern Nigeria, Role of Soil properties and environmental factors. Chapter 8, Intech.
35. kumar shit, P., Gouri sankar, B., and Ramakrishna, M. 2013. Assessment of factors affecting ephemeral gully development in Badland topography. A Case Study at Garbheta Badland (Pashchim Medinipur), West Bengal, India. *International Journal of GeoScience*. 4:461-470.
36. Montgamery, A., and Dietrich, R. 1994. Road Surface drainage, Channel initiation and slope instability. *Water Resources Research*. 30: 1925-1932.
37. Morgan, R.P.C. 1978. Soil erosion. Long Mann. New York.
38. Pimental, D., Allen, J., and Beers. 1997. World agricultural and soil erosion, *Brosience*. 37:277-283.
39. Solomon Ehiz, O., and Omougbo, U. N. 2013. Evaluating factors responsible for gully Development at the University of Bennin. *Journal of emerging trend in engineering and appllied science*. 4:707-713.