

واژه‌های کلیدی: رواناب، لیتولوژی، شیب، عمق خاک، پوشش زمین و فرسایش آبکندی

مقدمه

فرسایش خاک به وسیله آب یکی از مهم‌ترین فرایندهای تخریب سرزمین به ویژه در مناطق نیمه‌خشک به شمار می‌آید. از میان انواع مختلف اشکال فرسایش آبی، فرسایش آبکندی یکی از مهم‌ترین رخدادهای مؤثر در نابودی خاک، تغییر منظر زمین و منابع آب و پسرفت اراضی است [۷،۹]. براساس نتایج حاصل از تحقیقات اخیر، این نوع فرسایش از دو جنبه بر محیط زیست تأثیر می‌گذارد: (۱) با تخریب افق‌های سطحی و زیرین خاک، موجب تولید رسوب در حجم زیاد و نابودی بستر تولید می‌گردد؛ (۲) باعث تشدید تخلیه رواناب‌های سطحی و کاهش حجم جریان آب‌های زیرزمینی از طریق کوتاه کردن ارتباط بین مناطق بالادست و پایین‌دست می‌شود [۹،۱۱].

در رابطه با مراحل و عوامل مؤثر تشکیل و گسترش آبکندها و نیز طبقه‌بندی آنها مطالعات فراوانی در دنیا صورت گرفته است. این مطالعات هر یک به بررسی برخی عوامل مؤثر (مانند شیب، میزان، توزیع و شدت بارندگی، عملیات عمرانی، تخریب پوشش گیاهی، تغییر کاربری، بهره‌برداری نامناسب، حساسیت مواد مادری به فرسایش و سیلاب) بر ایجاد و گسترش خندق‌ها و تولید رسوب آنها در حوزه‌های آبخیز مختلف پرداخته و اشاره کرده‌اند [۴].

بنابر اظهار نظر استوکینگ (۱۹۸۰)^۳ حجم بارندگی، رطوبت قبل از بارش، ارتفاع دیواره بالاکنند از عوامل کنترل‌کننده تشکیل آبکندها در زیمبابوئه بوده است [۳]. در ایران طرح تحقیقاتی در قالب بررسی علل فرسایش آبکندی در منطقه سوق توسط عبدل شهریور و همکاران (۱۳۷۸) نشان داد که بین املاح محلول موجود در خاک و مساحت حوزه آبخیز هر آبکندها با حجم آبکندها رابطه $y = 3538/3x_1 + 136/8x_2 + 177/6$ برقرار است که در آن X_1 درصد املاح محلول خاک و X_2 مساحت حوزه آبخیز به هکتار و y حجم آبکندها به متر مکعب می‌باشد [۵].

بر اساس مطالعات سال‌های اخیر مکانیسم فرسایش آبکندی، جدا از سایر اشکال فرسایش آبی است و معمولاً در اراضی کم‌شیب (دشت‌ها) شدت فرسایش آبکندی چندین برابر اراضی شیب‌دار است [۶،۸]. در منطقه سرچم زنجان به این نتیجه رسیده‌اند که

بررسی توسعه فرسایش آبکندی در حوزه آبخیز ارو و ارائه راهکارهای مقابله با آن

رضا بیات^۱ و مریم رستمی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۰۱

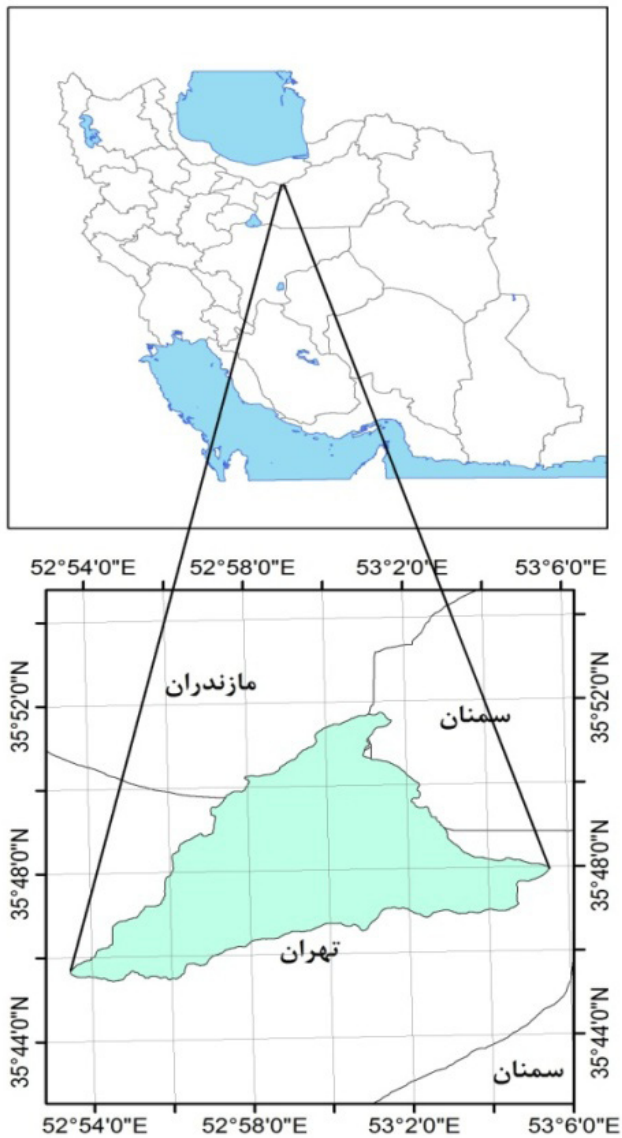
چکیده

فرسایش آبکندی به عنوان یکی از اشکال فرسایش خاک به وسیله آب، از فرایندهای مهم تخریب سرزمین در ایران به شمار می‌آید که تحت شرایط خاص محیطی به وقوع می‌پیوندد. این نوع فرسایش با توجه به ابعاد نسبتاً وسیع، توسعه سریع و تولید رسوب، سبب تخریب گسترده اراضی می‌گردد. بطور کلی عوامل ایجاد آبکندها به دو دسته طبیعی و انسانی تقسیم می‌شود. در بخش طبیعی می‌توان به حساسیت مواد مادری به فرسایش، فرسایش پذیری بالای خاک، وضعیت هیدرولوژی، حجم و سرعت رواناب سطحی حوضه، وقوع سیل و فعالیت جوندگان، همچنین در بخش انسانی به نحوه استفاده از اراضی، آبیاری غیر اصولی اراضی، تخریب پوشش گیاهی حوضه اشاره نمود. جهت کنترل این پدیده پس از لزوم شناخت مکانیسم تشکیل و عوامل مؤثر بر آن، ارائه راهکارهایی برای مقابله با این معضل از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا جهت شناخت ابعاد مختلف مقابله با این پدیده در حوضه ارو واقع در شهرستان فیروزکوه مطالعات اجمالی انجام و پس از تعیین تیپ‌های فرسایشی موجود و تولید رسوب آنها، پارامترهای لیتولوژی، شیب، عمق خاک و پوشش زمین به عنوان برخی عوامل مهم مؤثر بر انواع فرسایش بخصوص آبکندها مورد بررسی قرار گرفتند. به‌طور کلی عوامل ایجاد آبکندها در این منطقه متأثر از شرایط زمین‌شناختی، تکنیکی، اقلیمی، اداپتیکی، توپوگرافی و مهم‌تر از همه فعالیت‌های بشری است. این آبکندها بر اثر عوامل طبیعی ایجاد و با دخالت انسانی توسعه و گسترش یافته‌اند. لذا مدیریت لازم برای مهار آنها باید با در نظر گرفتن همه عوامل به راهکار اجرایی تبدیل شود چرا که سابقه عملیات تک بعدی نشان داده که موفقیتی به دنبال آن نخواهد بود.

۱- عضو هیات علمی پژوهشگاه حفاظت خاک و آبخیزداری

۲- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه

تهران و نویسنده مسئول، Email: ma_rostami@ut.ac.ir



شکل (۱): موقعیت حوزه آبخیز ارو

غربی نزولات جوی را جمع‌آوری می‌کنند. اقلیم حوزه در سیستم دوارتن در طبقه نیمه‌خشک تا خشک قرار دارد. هویت اقلیمی زیرحوضه‌های حوزه آبخیز ارو به روش آمبرژه در اشکوب نیمه مرطوب سرد قرار دارد.

به دلیل اهمیت برآورد دما در مناطق فاقد ایستگاه، گرادیان سه شاخص حرارتی شامل متوسط حداکثر، میانگین و متوسط حداقل دمای ماهانه و سالانه با بهره‌گیری از آمار کلیه ایستگاه‌های مورد مطالعه برای منطقه تعیین گردید. بر اساس این اطلاعات متوسط حداکثر، میانگین و متوسط حداقل دمای سالانه حوزه به ترتیب ۲۳/۵، ۵/۲ و ۱/۶ - درجه سانتیگراد است.

از نظر ساختاری منطقه مورد مطالعه در زون ساختاری البرز و در دامنه جنوبی واقع شده است. قدیمی‌ترین واحد سنگی موجود در گستره مورد مطالعه مربوط به تریاس و تشکیلات الیکا می‌باشد.

گسترش آبکندها رابطه‌ی مستقیمی با میزان املاح موجود در خاک، تمرکز رواناب‌های سطحی، خصوصیات افق‌های خاک، شدت بارندگی و پوشش گیاهی، سازند زمین‌شناسی، نوع خاک و کاربری اراضی و سایر اقدامات انسانی از جمله احداث غیر اصولی راه‌های روستایی و درون مزرعه‌ای و خطوط انتقال نیرو است. عواملی که در شکل‌دهی و توسعه گالی‌ها نقش دارند: نوع بافت خاک، میزان مواد آلی و میزان املاح موجود در آن و همچنین خصوصیات بستر لیتولوژیکی و زمین‌شناسی گالی‌ها است [۲]. فرسایش آبکندی معمولاً با رها کردن و سرعت بخشیدن به آن از طریق تغییر کاربری زمین یا تغییرات شدید آب و هوایی ایجاد می‌شود. آبکندها در ابتدا به سرعت رشد می‌کنند که تکنولوژی کنترل ساختمان فعال آن بسیار پرهزینه است [۱۰، ۱۲].

همان‌طور که ملاحظه می‌شود مطالعات انجام شده در خصوص ارائه راهکارهایی برای مقابله با این نوع فرسایش محدود می‌باشد. بنابراین به‌طور خلاصه هدف از انجام این تحقیق بررسی حوزه آبخیز ارو، شناخت تیپ‌های فرسایشی و آبکندها و میزان تولید رسوب در آن‌ها، ذکر برخی عوامل مهم مؤثر در پیدایش و گسترش آن‌ها و ارائه مقادیر کمی جهت بررسی میزان تاثیرگذاری در منطقه مورد مطالعه و در نتیجه راهکارهایی برای مبارزه و مقابله با آن‌ها می‌باشد. ضرورت انجام این تحقیق رشد و گسترش فزاینده‌ی فرسایش آبکندی در این حوضه می‌باشد چرا که بازدیدهای صحرایی انجام شده و و بررسی گزارش مطالعات انجام شده در این حوضه نشان می‌دهد که در طی دهه‌های اخیر روند گسترش فرسایش آبکندی شدید بوده و الزام بررسی و مطالعه بر روی آن زیاد است.

مواد و روش‌ها

- موقعیت و مشخصات کلی منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در شرقی‌ترین بخش استان تهران، در حد فاصل ۵۲ درجه و ۵۳ دقیقه و ۳۷ ثانیه الی ۵۳ درجه و ۵ دقیقه و ۲۸ ثانیه طول شرقی و در حد فاصل ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه و ۱۷ ثانیه الی ۳۵ درجه و ۵۱ دقیقه و ۵۳ ثانیه عرض شمالی و در حوزه آبخیز کویر مرکزی واقع می‌باشد. این منطقه با مساحت ۸۷۵۴/۶ هکتار به لحاظ تقسیمات سیاسی در استان تهران و در توابع شهرستان فیروزکوه واقع است. از نظر طبیعی، حدود نیمی از حوضه آبخیز ارو کوهستانی و عمدتاً دارای نقاط ارتفاعی در پیرامون حوضه می‌باشد. مرتفع‌ترین بلندی با ارتفاع بیش از ۳۳۰۰ متری در منتهی‌الیه شرقی حوضه قرار داشته و پست‌ترین نقطه با ارتفاع کمتر از ۲۱۰۰ متر در محل خروجی حوضه ارو قرار دارد.

بر اساس اطلاعات منتج از ایستگاه‌های سینوپتیک، کلیماتولوژی و باران‌سنجی که اطلاعات مربوط به آنها در جدول ۱ موجود است، میانگین بارندگی و حجم نزولات جوی سالانه ورودی به این حوضه به ترتیب ۳۸۶/۷ میلیمتر و ۳۳/۸ میلیون متر مکعب برآورد شده است. آبراهه‌های اصلی حوزه آبخیز با جهت کلی شرق به جنوب

جدول ۱: مشخصات عمومی ایستگاه‌های وابسته به سازمان هواشناسی و وزارت نیرو مورد استفاده

ردیف	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	وابستگی	طول جغرافیائی	عرض جغرافیائی	ارتفاع محل	تعداد سال آماری	سال تاسیس	سال پایه
1	ارو	باران سنجی	سازمان هواشناسی	35-40	52-27	2446	14	1365	1381
2	مهابادفیروزکوه	باران سنجی	سازمان هواشناسی	35-39	52-49	1800	30	1343	1376
3	فیروزکوه (پل) (س)	سینوپتیک	سازمان هواشناسی	35-43	52-24	2986	8	1374	1382
4	فیروزکوه (س)	سینوپتیک	سازمان هواشناسی	35-55	52-50	1975.6	21	1372	1382
5	فیروزکوه (ک)	کلیماتولوژی	سازمان هواشناسی	35-45	52-47	1922	28	1351	1379
6	زردگل سرخ آباد (ک)	کلیماتولوژی	سازمان هواشناسی	35-55	52-59	1500	36	1346	1382
7	ایچ (ن)	بارانسنجی	وزارت نیرو	35-29	52-58	1720	23	1362	1385
8	سرخه (ن)	بارانسنجی	وزارت نیرو	35-33	53-09	1700	22	1361	1385
9	انزها	بارانسنجی	وزارت نیرو	35-36	52-38	1665	25	1360	1385
10	درجزین (ن)	بارانسنجی	وزارت نیرو	35-39	53-20	1370	22	1363	1385
11	پیرده	بارانسنجی	وزارت نیرو	35-40	52-46	2300	25	1360	1385
12	مهدیشهر	بارانسنجی	وزارت نیرو	35-42	53-20	1650	22	1363	1385
13	گنداب بشم	بارانسنجی	وزارت نیرو	35-43	53-02	2100	18	1367	1385
14	فیروزکوه	بارانسنجی	وزارت نیرو	35-45	52-46	1910	37	1345	1385
15	امیریه	بارانسنجی	وزارت نیرو	35-47	52-48	1982	25	1360	1385
16	علی آباد وشتان	بارانسنجی	وزارت نیرو	35-47	52-31	2100	25	1360	1385
17	بشم بن	بارانسنجی	وزارت نیرو	35-49	53-16	2256	19	1366	1385
18	جلیز جند	بارانسنجی	وزارت نیرو	35-53	52-44	2500	24	1360	1385
19	لرور	بارانسنجی	وزارت نیرو	35-53	52-33	2600	25	1360	1385
20	چاشم (ن)	بارانسنجی	وزارت نیرو	35-54	53-16	2363	19	1366	1385
21	خیرآباد سمنان	تبخیر سنجی	وزارت نیرو	35-33	53-12	1095	37	1348	1385
22	پژوهشی سمنان	تبخیر سنجی	وزارت نیرو	35-41	53-25	1150	19	1346	1385
23	نمرود	تبخیر سنجی	وزارت نیرو	35-43	52-39	1810	29	1346	1381
24	ده صوفیان (ن)	تبخیر سنجی	وزارت نیرو	35-50	53-23	2571	14	1371	1385
25	سنگده	تبخیر سنجی	وزارت نیرو	36-04	53-14	1350	22	1349	1374

در داخل منطقه مطالعاتی هیچگونه ایستگاه هواشناسی وجود ندارد. بنابراین ناگزیر باید از شبکه توسعه یافته سایر ایستگاه‌های خارج حوضه استفاده نمود که مشخصات آنها در این جدول ارائه شده است.

جدول ۲: بررسی لیتولوژی موجود در منطقه مورد مطالعه به همراه مساحت دربرگیرنده آنها در کل حوضه و مناطق آبکندی

درصد در کل حوضه	درصد در منطقه آبکندی	لیتولوژی موجود در حوضه
0.73	0.03	TRe
1.08	0.23	Qf
1.48	0.35	Om q
0.41	0.37	pef sc
0.89	0.89	Jd
4.5	1.05	Js
2.58	1.41	Qt2
3.64	1.94	K2
18.17	2.64	EM
3.43	3.05	Qt1
9.45	4.78	JL
9.65	6.36	Qal
18.61	9.82	M1
M2	25.35	15.38

حوضه عمدتاً شامل زراعت‌های آبی، دیم، مرتع و جنگل می‌باشد. بدیهی است در اراضی بایر و حفاظتی انجام یک سری عملیات حفاظتی به منظور جلوگیری از تخریب بایستی انجام شود. مساحت تحت پوشش تحت کاربری‌های مختلف در کل حوضه و مناطق آبکندی به تفکیک در جدول ۴ ارائه شده است.

بارزترین اشکال ژئومورفولوژیکی موجود در حوضه شامل اشکال دره‌های فرسایشی، دشت‌های فرسایشی، واریزه‌های موضعی، زمین‌لغزش، انواع اشکال فرسایشی بارانی، شیبی، آبکندی، کناره‌ای و انحلالی می‌باشد. در مناطقی از حوضه، اشکال مختلف فرسایش شامل فرسایش ورقه‌ای، فرسایش شیبی، فرسایش آبکندی،

سازندهایی که بعد از سازند الیکا (TRe) وجود دارند به ترتیب از قدیم به جدید عبارتند از: سازند شمشک (J_s)، سازند دلیچای (J_d)، سازند لار (J_l)، واحد سنگی آهکی کرتاسه فوقانی (K_2)، سازند فجن (Pef^{sc})، واحد سنگی (Em)، بخش آهکی سازند قم (OMq)، بخش زیرین قرمز فوقانی (M_1)، بخش میانی قرمز فوقانی (M_2)، فلات‌ها یا مخروط‌افکنه‌های قدیمی (Q_1)، فلات‌ها یا تراس‌های آبرفتی عهد حاضر (Qt_2)، تالوس‌ها، واریزه‌ها و جریان‌های گلی (Qf)، نهشته‌های کواترنری (Qal). بارزترین اشکال ژئومورفولوژیکی موجود در حوضه شامل اشکال دره‌های فرسایشی، دشت‌های فرسایشی، واریزه‌های موضعی، زمین‌لغزش، انواع اشکال فرسایشی بارانی، شیبی، آبکندی، کناره‌ای و انحلالی می‌باشد.

با توجه به گسترش و تشدید فرسایش آبکندی در منطقه مورد مطالعه، جهت گسترش استراتژی‌های مناسب به منظور جلوگیری از ایجاد این نوع فرسایش درک علل ایجاد آن ضروری است از این رو در این تحقیق برخی ویژگی‌های مفید و موثر مورد بررسی قرار گرفته‌اند، که در بخش نتایج چگونگی وضعیت آنها در منطقه مورد بررسی، ارائه شده است.

نتایج

لیتولوژی

جدول ۲ نتایج بررسی لیتولوژی حوزه آبخیز ارو و مساحت دربرگیرنده آنها در کل حوضه و همچنین در مناطق دارای فرسایش آبکندی را ارائه می‌دهد.

مشخصات خاک

اطلاعات مربوط به عمق‌های خاک این منطقه و درصد آنها در این حوضه نیز، در جدول ۳ درج شده است.

پوشش زمین

توان‌های بالفعل و بالقوه در اراضی و به عبارتی چگونگی تناسب اراضی در شرایط فعلی و در شرایط آتی به‌طور عمده و اساسی به منظور بهره‌برداری از منابع اراضی در جهت انواع کاربری‌های اصلی صورت پذیرفته است. انواع کاربری‌های اصلی موجود در این

جدول ۳: مساحت و میزان هر یک از کلاس‌های عمق خاک در حوضه آبخیز ارو
(گزارش خاک شرکت مهندسی مشاور سازآب پردازان: منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز ارو)

کلاس عمق خاک	مساحت (هکتار)	درصد در حوضه	عمق خاک (سانتی‌متر)	واژه توصیفی	درصد در منطقه آبکندی
D ₁	2011.3	23.0	بیشتر از ۱۲۰	بسیار عمیق	13.00
D ₂	190.8	2.2	۸۰-۱۲۰	عمیق	0.34
D ₃	-	-	۵۰-۸۰	نسبتاً عمیق	-
D ₄	805.3	8.8	۲۵-۵۰	کم عمق	1.18
D ₅	1806.2	21.06	۱۰-۲۵	بسیار کم عمق	6.91
D ₆	3940.9	45.01	کمتر از ۱۰	--	32.87

فرسایش کنار رودخانه‌ای و فرسایش سولیفولیکسیون دیده می‌شود.

- شیب

جدول زیر وضعیت شیب را در حوزه آبخیز ارو نشان می‌دهد، همانطور که ملاحظه می‌شود بیشترین فراوانی به دلیلی کوهستانی بودن منطقه مربوط به شیب‌های ۳۰-۶۰ درصد می‌باشد.

- برآورد میزان فرسایش و رسوب ویژه با کمک مدل MPSIAC

حوزه آبخیز ارو عمدتاً تحت تأثیر فرسایش آبی قرار گرفته که به اشکال مختلف مشاهده می‌شود. در این حوزه آثاری از فرسایش بادی مشاهده نگردید. بر اساس مبنا و اصول بررسی اشکال فرسایش خاک در حوزه آبخیز ارو، علائم کدهای فرسایشی به استناد روش BLM به شرح زیر تعریف شده‌اند.

فرسایش سطحی در سه طبقه زیر قرار دارد:

S1: فرسایش سطحی با شدت کم. آثار جابجایی خاک، لکه‌های سفید پراکنده و تعدادی میکروتراس همراه با تجمع خاک در پشت بوته و سنگ‌ها از علائم فرسایش سطحی با شدت کم است.

S2: فرسایش سطحی با شدت متوسط، میکروتراس‌ها به وفور مشاهده می‌شوند و در بعضی مناطق برونزد سنگ بستر به صورت لکه‌ای دیده می‌شود.

S3: فرسایش سطحی با شدت زیاد، خاک سطحی اکثر مناطق از بین رفته و در بیشتر مناطق برونزد سنگ بستر قابل مشاهده است.

فرسایش شیاری نیز در ۳ طبقه به شرح زیر می‌باشد:

R1: شیارهای بسیار کم عمق تا کم عمق (کمتر از ۱۰ سانتی متر) و به فاصله بیش از ۲۰ متر از یکدیگر و از نظر فعالیت فرسایشی ضعیف هستند.

R2: شیارهای نیمه عمیق (۱۰ تا ۱۵ سانتی متر) و به فاصله ۵

تا ۲۰ متر از یکدیگر و از نظر فعالیت فرسایشی نسبتاً فعالند.

R3: شیارهای عمیق (۱۵ تا ۳۰ سانتی متر) و به فاصله ۱ تا ۵ متر از یکدیگر و فعالند.

فرسایش آبکندی نیز در ۳ طبقه زیر قرار می‌گیرند:

G1: آبکندهای کم عمق (کمتر از ۱ متر) و به فاصله ۱۵۰ متر از یکدیگر و کمتر از ۲۰ درصد مسیر آن ناپایدار و دارای فعالیت فرسایشی است.

G2: آبکندهای نیمه عمیق تا عمیق (۱ تا ۳ متر) و به فاصله ۵۰ تا ۱۵۰ متر از یکدیگر و ۲۰ تا ۵۰ درصد طول مسیر آن ناپایدار و دارای فعالیت فرسایشی است.

G3: آبکندهای نیمه عمیق تا خیلی عمیق (۱ تا بیش از ۴ متر) و به فاصله ۲۰ تا ۵۰ متر از یکدیگر و بیش از ۵۰ درصد طول مسیر آن ناپایدار و دارای فعالیت فرسایشی است.

در طبیعت عملاً اشکال فرسایش مذکور در ترکیب با یکدیگر وجود دارند که تشکیل تیپ‌های فرسایشی را می‌دهند. بر این اساس حوزه آبخیز ارو به نه تیپ فرسایشی تفکیک شد که هر یک ویژگی

جدول ۴: بررسی کاربری و پوشش موجود در منطقه مورد مطالعه به همراه مساحت دربرگیرنده آنها در کل حوزه و مناطق آبکندی (گزارش کاربری اراضی شرکت مهندسی مشاور سازآب پردازان: منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز ارو)

درصد در منطقه آبکندی	درصد در کل حوزه	تیپ های پوشش گیاهی حوزه
0	0.06	Orchard1
0	0.06	Bareland
0	0.92	Industary_and_Infrastructure
0.006	0.21	Urban
0.04	0.04	River_bed
0.08	0.1	Mod_density_Range
0.34	0.35	Mix(agri_follow_dryfarming)
0.7	2.09	Very_Low_density_Forest_On_Rock
0.91	0.93	Mix(agri_orchard)
1.69	1.72	Mix(range_forest)
1.72	3.66	Very_Low_density_Forest
1.96	2.64	Low_density_Forest_On_Rock
1.96	4.07	Low_density_Forest
2.3	5.3	Rock
2.48	2.96	Irrigated_Farming2
3.89	8.58	Very_Low_density_Range
5.54	7.93	High_density_Range
12.69	21.23	Mod_density_Range
20.21	39.35	Low_density_Range

جدول ۵: مساحت و میزان هر یک از کلاس‌های شیب در حوزه آبخیز ارو

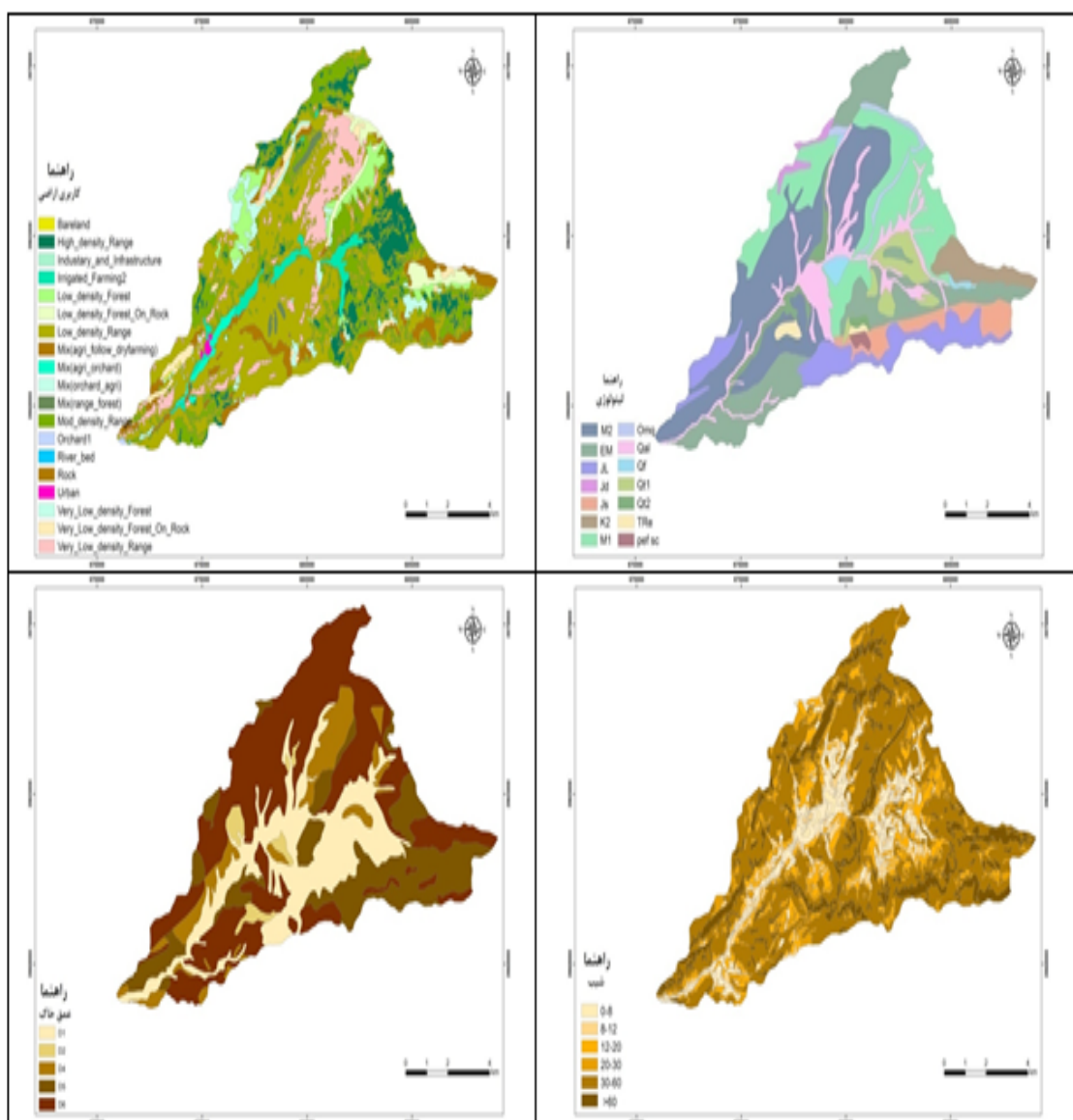
کلاس‌های شیب	درصد در کل حوزه	درصد در منطقه آبکندی
0-8	10.71	7.27
8-12	5.70	3.69
12-20	12.06	7.73
20-30	9.14	4.92
30-60	51.26	26.42
>60	11.07	4.13

خاص خود را دارند. با استفاده از روش تجربی MPSIAC و امکانات GIS میزان فرسایش و رسوب ویژه هر یک از تیپ‌های فرسایشی محاسبه و در جدول (۶) ارائه گردیده است.

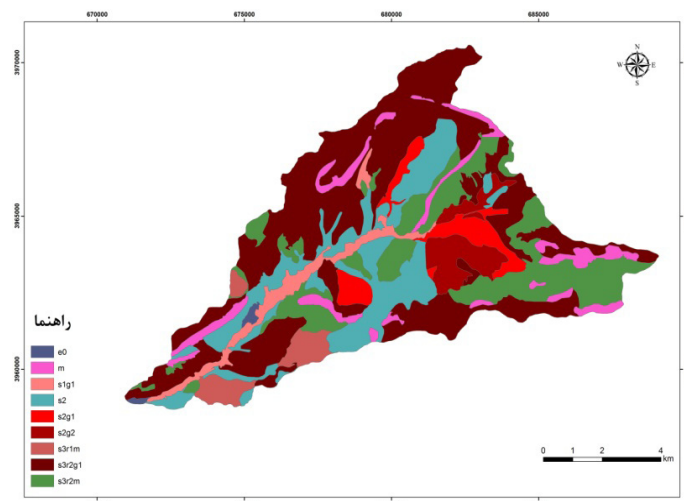
شکل ۳ نقشه تیپ‌های فرسایشی موجود در حوزه ارو و سطح دربرگیرنده آنها را نمایش می‌دهد. اطلاعات جدول ۶ نشان می‌دهد که از میان تیپ‌های مختلف فرسایشی، تیپ‌هایی که دارای آبکند

جدول ۶: میزان درجه رسوبدهی، رسوب و فرسایش به تفکیک تیپ‌های فرسایشی در حوزه آبخیز ارو

میانگین فرسایش ویژه m ³ /km ² .yr	میانگین رسوب ویژه m ³ /km ² .yr	درجه رسوبدهی	مساحت %	مساحت ha	علام	تیپ‌های فرسایشی
48.0	26.0	30.6	0.4	34	e0	E1
173.6	82.9	55.6	6.5	569	M	E2
116.5	60.2	45.8	4.1	356	s1g1	E3
308.1	156.3	60.6	16.6	1452	s2	E4
463.9	228.4	70.4	4.9	431	s2g1	E5
447.3	208.5	78.7	4.9	426	s2g2	E6
402.9	219.6	72.1	3.7	322	s3r1m	E7
382.9	189.7	69.9	40.5	3543	s3r2g1	E8
389.4	190.6	73.1	18.5	1621	s3r2m	E9



شکل ۲: نقشه‌های کاربری اراضی، لیتولوژی، عمق خاک و شیب برای منطقه مورد مطالعه



شکل ۳: نقشه تیپ‌های فرسایشی موجود در حوضه ارو

و عمق متوسط آن حدود ۴ متر است. بر اساس مطالعات میدانی و گزارش‌های موجود سرعت رشد آبکند اصلی بین روستای طرود و ارو حدود ۵۰ متر در سال است که سرعت گسترش زیادی است. البته در مناطقی بین روستاهای طرود و سرانزا و بین روستاهای ارو و طرود دارای بستر تثبیت شده و قابل عبور می‌باشد. هدکت یا راس آبکند قائم و دارای عمق متوسط ۲ متر است.

شدت توسعه فرسایش آبکندی و گسترش روزافزون آن اهمیت توجه و الزام ارائه راهکارهای مدیریتی مقابله با آن را آشکار می‌کند. بررسی‌های انجام شده به همراه مطالعات صحرایی نشان داده که مهم‌ترین عوامل موثر در تشدید فرسایش حوزه آبخیز ارو عبارتند از: حساسیت مواد مادری به فرسایش، توسعه اراضی کشاورزی در مناطق حساس به فرسایش، وضعیت پوشش سطح خاک، شخم اراضی شیب‌دار و تغییر کاربری اراضی، چرای بی رویه و تراکم بیش از حد دام.

جاده احداث شده به عنوان مسیر دسترسی عمدتاً به دلیل نداشتن زهکش کناری مناسب باعث افزایش دبی و با تأثیر بر تمرکز رواناب باعث کنش خاک و توسعه جانبی آبکند می‌شود. از طرف دیگر حساسیت زمین‌شناسی موجود در این ناحیه و وجود املاح باعث ایجاد فرسایش تونلی و کاهش مقاومت اراضی در برابر گسترش طولی می‌شود. عوامل ایجاد آبکندها در این منطقه متأثر از شرایط زمین‌شناختی، تکنیکی، اقلیمی، آدافیکی، توپوگرافی و مهم‌تر از همه فعالیت‌های بشری است. در اقلیم نیمه‌خشک منطقه، بارش باران با شدت زیاد در مدت کم در تشدید فرسایش آبکندی نقش زیادی دارد.

بخشی از آبکندها در مراتع و بخشی دیگر در اراضی دیم ایجاد شده و گسترش یافته‌اند، که دو پهنه اصلی آن در اطراف روستای آرو و بقیه در قسمت‌های دیگر حوضه پراکنده هستند. آبکندها دارای پلان عمومی پنجه‌ای، پلان راس مدور و پلان پیشانی قائم یا تدریجی می‌باشند. پنجه‌ای بودن پلان عمومی بخش اعظم آبکندها

می‌باشند تقریباً به نسبت بقیه از میزان فرسایش و تولید رسوب بیشتری برخوردارند. همان‌گونه که از جدول بالا هم قابل استنتاج می‌باشد، مساحت حوضه با تیپ فرسایشی دارای آبکند نیمی از رسوب ویژه تولیدی سالانه این حوضه را به خود اختصاص داده است. به‌طور کلی با در نظر گرفتن مساحت انواع لیتولوژی‌های موجود در حوضه ارو بیشترین توسعه آبکندهای این منطقه در بخش‌هایی با لیتولوژی بخش زیرین قرمز فوقانی (M1)، بخش میانی قرمز فوقانی (M2) می‌باشند. بررسی عمق خاک و ارتباط آن با توسعه آبکندها بیشترین میزان وجود خندق را در مناطقی با عمق خاک D_1 و D_6 نشان داد. لازم به ذکر است بیشتر مساحت این حوضه را نیز خاک‌های با عمق کمتر از ۲۵ سانتی‌متر پوشانده است. جدول ۴ مساحت تیپ‌های پوشش مختلف موجود در حوزه آبخیز ارو به همراه درصد تحت پوشش آبکند را ارائه می‌دهد، همان‌طور که ملاحظه می‌شود با در نظر گرفتن مساحت ۳۹ درصدی برای مراتع کم تراکم ۲۰ درصد این مناطق تحت تأثیر فرسایش آبکندی قرار گرفته‌اند. همچنین همان‌گونه که در جدول ۵ نشان داده شده با توجه به کوهستانی بودن منطقه مورد بررسی ۲۶ درصد از مناطقی با شیب ۳۰-۶۰٪ و ۱۶۶۳ هکتار از مساحت ۲۴۵۱ هکتاری شیب زیر ۲۰ درصد منطقه مورد مطالعه دارای فرسایش آبکندی می‌باشند.

بحث و نتیجه‌گیری

منطقه مورد مطالعه در مساحتی حدود ۴۷۵۵ هکتار مورد هجوم تیپ‌های فرسایشی آبکندی با شدت‌های مختلف قرار دارد. بخشی از آبکندهای منطقه در امتداد زهکش اصلی و طبیعی ایجاد شده و بیشتر از نوع جانبی می‌باشند. شیب متوسط محدوده آبکند ۵ درصد و شیب مناطق بالادست ۵-۱۵ درصد است. متوسط طول آبکندهای جانبی در این منطقه حدود ۳ متر و حداکثر حدود ۲۰ متر است (شکل ۳). طول زهکش اصلی که در بعضی منابع به عنوان آبکند از آن یاد شده، حدود ۱۲/۵ کیلومتر و عرض متوسط حدود ۱۰ متر



شکل ۴: ریزش آب اضافی آبیاری از کناره‌ها ناشی از نبود بافر و شیوه غلط آبیاری

تا با مدیریت صحیح اراضی خود مانع از گسترش آبکندهای مجاور مزارع خویش شوند. بطوری‌که به دنبال حصول آگاهی لازم و اعمال فعالیت‌هایی از قبیل تغییر کاربری و عدم شخم و شیار اراضی، مبارزه با فعالیت جوندگان از جمله موش یا جایگزینی باغداری دیم یا سیلابی با زراعت به منظور جلوگیری از کاهش درآمد روستائیان و... از گسترش آبکند جلوگیری خواهد شد. تحقق این امر مستلزم نوعی فعالیت ترویجی و افزایش آگاهی ساکنان روستا و تامین اعتبارات لازم به صورت وام‌های مناسب از طرف ادارات ذیربط است.

۲- جمع‌آوری هرزآب دامنه‌ها و هدایت آن‌ها به آبراهه اصلی

اکثر اراضی حساس به فرسایش حوزه آبخیز ارو در حاشیه آبراهه اصلی واقع شده که آب ناشی از رواناب دامنه‌ها را مستقیماً به رودخانه سرازیر می‌نمایند و موجب فرسایش خاک، توسعه آبکندها و کاهش سطح این اراضی می‌گردند.

جهت جلوگیری از هدررفت خاک و گسترش آبکندها پیشنهاد می‌گردد در فاصله بین دامنه‌های شیبدار مجاور این اراضی و انتهای آنها، کانال‌هایی حدود ۲۰-۵ متری احداث گردد (بافر) تا از طریق آنها رواناب بالا دست اراضی بدون آثار تخریبی وارد رودخانه گردد و همچنین از ریزش مستقیم آب آبیاری یا هرز آب از سرتاسر زمین زراعی به آبراهه و گسترش آبکند جلوگیری به عمل آید.

۳- تثبیت بیولوژیکی آبراهه اصلی

عدم تثبیت آبکندها باعث هدر رفت خاک و آب و گسترش آنها می‌گردد. به دلیل حساسیت مواد مادری به فرسایش، تثبیت فرسایش آبکندی تنها با عملیات مکانیکی امکان‌پذیر نمی‌باشد. لذا با انجام همزمان عملیات مدیریتی، مکانیکی و بیولوژیکی (کاشت درختانی همچون گز، بید و گونه‌های مناسب در کف و دیواره آبکند) ضمن حفاظت دیواره‌ها، افزایش ضریب زبری و کاهش سرعت جریان آب همچنین کاهش انرژی تنش برشی، به تثبیت آنها کمک نمود. توصیه‌های عمومی و کلی کنترل فرسایش آبی خاک بر مبنای

نشان دهنده تاثیر رواناب سطحی در ایجاد و گسترش این نوع فرسایش می‌باشد. مقطع عرضی آبکندها در دشت به صورت U و در خط القعر تپه‌ها V شکل است. U شکل بودن مقاطع عرضی آنها نشان‌دهنده یکنواخت و حساس بودن خاک در برگیرنده آبکند می‌باشد. تراکم دام و از بین بردن پوشش گیاهی باعث افزایش وزن مخصوص خاک، کاهش نفوذپذیری و متعاقباً افزایش میزان و شدت رواناب شده و توسعه آبکندها را موجب می‌شود.

بطور کلی عوامل ایجاد آبکندهای به دو دسته طبیعی و انسانی تقسیم می‌شوند. از عوامل طبیعی می‌توان به حساسیت مواد مادری به فرسایش، فرسایش‌پذیری بالای خاک، وضعیت هیدرولوژی، حجم و سرعت رواناب سطحی حوضه، وقوع سیل و فعالیت جوندگان همچنین در بخش انسانی می‌توان به نحوه استفاده از اراضی، آبیاری غیر اصولی اراضی، تخریب پوشش گیاهی حوضه اشاره نمود. آبکندها بر اثر عوامل طبیعی ایجاد و با دخالت انسانی توسعه و گسترش یافته‌اند. لذا برای مهار آنها باید با در نظر گرفتن همه عوامل، مدیریت و راهکار مناسب را اعمال نمود. چرا که سابقه نشان داده که عملیات تک بعدی موفقیتی بدنبال نخواهد داشت.

راهکارهای پیشنهادی برای کنترل و سازگاری با آبکند ارو

اولویت‌بندی مناطق آبکندی از نظر اقدامات کنترلی، براساس نسبت عرض به عمق از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. عمق کمتر آبکندها، امکان کنترل و احیای آنها را ساده‌تر کرده و نیازمند بودجه کمتری خواهد بود. برای کنترل آبکندها باید به نقش رواناب سطحی توجه خاص نمود و با حذف جریان آب قبل از ورود به هدکت و اجرای عملیات بیومکانیکی در تثبیت آبکندها و کنترل فرسایش آبکندی گامی موثر برداشت. اغلب آبکندها در امتداد زهکش‌های طبیعی ایجاد و بر روی اراضی دیم تبدیل شده و با دخالت انسانی توسعه یافته‌اند. لذا لازم است با همکاری اداره ترویج و بخش اجرا صاحبان اراضی مجاور آبکندها، موظف به رعایت اصول مدیریت صحیح کشت و کار و آبیاری در این اراضی شده و در تثبیت بیولوژیکی آبراهه‌های طبیعی قبل از توسعه آبکندها جلب مشارکت نمایند.

در مجموع به منظور کاهش عوامل تشدید کننده فرسایش آبکندی فعالیت‌های زیر پیشنهاد می‌گردد، لازم به ذکر است راهکارهای مقابله بسته به موقعیت جغرافیایی و عوامل بوجود آورنده و... متفاوت می‌باشد که در ذیل با در نظر گرفتن جمیع این عوامل راهکارهایی برای منطقه مورد مطالعه و مناطقی با شرایط مشابه ارائه می‌گردد:

۱- فعالیت‌های ترویجی

با برگزاری کلاس‌های آموزشی، بهره‌برداران را با مسائل اساسی و خطرات گسترش آبکندهای منطقه آشنا نمود. بی‌شک آگاهی دامداران و کشاورزان منطقه از وضعیت موجود و بحران گسترش آبکند و در مقابل ارزش خاک حاصلخیز زراعی، سبب خواهد شد

کاربری متناسب و متعادل با اعمال مدیریت صحیح بر اساس اهداف توسعه پایدار طراحی و ارائه می‌گردد. به این ترتیب، حفاظت خاک در اراضی زراعی شامل روش‌های به زراعی، مدیریت خاک و افزایش حاصلخیزی خاک و سرانجام احداث سازه‌های حفاظتی در عرصه‌های مورد نیاز خواهد بود.

حفظ و استقرار پوشش گیاهی، احیاء و اصلاح مراتع، اجرای سازه‌های حفاظتی با هدف حمایت از پوشش گیاهی و سرانجام مدیریت مرتع با شیوه‌های علمی و فنی و به ویژه کنترل چرای دام راه‌های کنترل فرسایش خاک در عرصه‌های مرتعی تلقی می‌گردند. باید توجه نمود که در مدیریت مرتع غنای گونه‌های گیاهی، افزایش پوشش آسمانه گیاهان، افزایش تولید و توسعه گونه‌های مناسب‌تر با اهداف توسعه پایدار از اهم برنامه‌های مدیریتی محسوب گردیده و به حفظ بیشتر خاک نیز منجر خواهد شد. توجه به کاربری‌های متناسب اراضی به همراه راه کارهای حفاظتی می‌تواند تولید بیولوژیک، سودآوری و احیاء عرصه را در پی داشته باشد.

در اراضی بایر و به ویژه در کوهستان‌ها و تپه ماهورها، استقرار پوشش گیاهی مناسب و سازگار و حمایت از آن سبب می‌گردد که فرصت بیشتری برای جذب ریزش‌های جوی و روان‌آب ناشی از آن فراهم آید و تأخیر در حرکت آب‌های جاری، عرصه را به عنوان ذخیره‌ای مطمئن، دارای جایگاه ویژه‌ای در برنامه‌های آب‌خیزداری می‌سازد. عنایت به این نکته جالب خواهد بود که کنترل ریزش‌های آسمانی و ذخیره آنها در محل ریزش به مراتب ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر از کنترل سیلاب و جریان‌های پا گرفته از ارتفاعات است. در برنامه‌ریزی برای استفاده از سرزمین، تعیین تناسب اراضی و معرفی مناسب‌ترین کاربری آن برای توسعه پایدار مورد نظر است.

مطالعات انجام شده در حوزه آب‌خیز ارو نشان داد که در این مناطق فرسایش غالباً تحت تأثیر بهره‌برداری مخرب و نادرست از منابع موجود می‌باشد. از طریق اعمال مدیریت جامع و استفاده اصولی و متناسب با قابلیت اراضی و حفاظت پوشش گیاهی می‌توان سطح فرسایش را کنترل نمود. عامل شیب و حساسیت مواد مادری به فرسایش تحت تأثیر ضعف و تخریب پوشش گیاهی قرار گرفته است. لذا جهت کاهش عوامل تشدید کننده فرسایش در این حوزه آب‌خیز، عملیات بیولوژیکی و مدیریتی در احیاء پوشش مرتعی و کنترل دام و رعایت اصول مرتعداری و انجام مدیریت صحیح کشاورزی و آبیاری باید مورد اهتمام و در مرحله نخست عملیات حفاظتی قرار گیرد.

حوزه آب‌خیز ارو به عنوان یکی از دشت‌های کشور در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که اجرای طرح‌های جامع آب‌خیزداری در این حوزه آب‌خیز می‌تواند ضمن افزایش پوشش گیاهی و کاهش تولید رسوب، نقش مؤثری در جلوگیری از انواع اشکال فرسایش آبی به ویژه فرسایش آب‌کنندی، کاهش خسارات ناشی از خشکسالی و افزایش تولید محصولات زراعی داشته باشد. مطالعه حاضر نیز که بر پایه شناخت قابلیت‌ها،

امکانات و بررسی محدودیت‌های موجود در اراضی صورت می‌گیرد، زمینه را برای انجام صحیح عملیات اجرایی آب‌خیزداری فراهم می‌آورد.

منابع

- ۱- پیروان، ح. ۱۳۷۳. نگرشی بر مکانیسم تشکیل آب‌کند. مجله پژوهش و سازندگی، ۲۵: ۴-۷.
- ۲- پورکلهر، سامانه. ۱۳۸۸. مکانیسم تشکیل و گسترش گالی‌ها در پایین‌دست فیروزکلا حوضه کجور رود - نوشهر. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی استان گیلان (واحد رشت).
- ۳- جعفری گرزین، ب.، احمدیان، ح.، ۱۳۷۳. شناسنامه آب‌کندهای حوزه آب‌خیز سرخ آباد، مرکز تحقیقات منابع طبیعی و کشاورزی مازندران.
- ۴- خزایی، م.، شفیعی، ا.، ملایی، ع.، ۱۳۹۱. بررسی تأثیر عوامل مؤثر بر توسعه فرسایش آب‌کنندی در حوزه آب‌خیز مارون، مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، جلد ۲۶، شماره ۲.
- ۵- شهریور، ع.، ۱۳۷۸. بررسی علل فرسایش آب‌کنندی در منطقه سوق. مجله پژوهش و سازندگی، ۴۰، ۴۱ و ۴۲: ۱۸-۲۴.
- ۶- قدوسی، جمال، ۱۳۷۳. "رشد و گسترش آب‌کندها". انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، گزارش پژوهشی.
- 7-Ahmadi, H., 1385, Applied Geomorphology (Water Erosion), Vol. 1. University of Tehran Press.
- 8-Kalinichenko, N.P. and Illinski, V.V., (1976); Gully improvement by means of forestry measures (in Russian), 2000, Izd, Lesnaya promishlennost, Moscow.
- 9-Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G., Valentin C., 2003, Gully Erosion and Environment Change: Importance and Research Needs, Catena, 50, 91-133.
- 10-Thomas, J.T., Iverson, N.R., Burkart, M.R., Kramer, L.A., (2004). Long-term growth of a valley-bottom gully, western Iowa. Earth Surface Processes and Landforms vol 29, pp. 1995- 1009.
- 11-Prosser, I.P., 1996, Thresholds of Channel Initiation in Historical and Holocene Times, Advances in Hillslope Processes 2, 687-708.
- 12-Nachtergaele, J., Poesen, J., (2002). «Spatial and temporal variations in resistance o loessderived soils to ephemeral gully erosion". European Journal of Soil Science vol 53 (3), pp. 449-464.

*Abstract***Investigation of the Gully Erosion Development and Providing Approaches
for Conflict With it (Case Study: Aro Watershed)**R. Bayat¹ and M. Rostami^{2*}

Received: 2015/11/17 Accepted: 2016/11/21

Gully erosion is a form of soil erosion by water and it is one of the important processes of land degradation in Iran is important processes which occurs under particular environmental conditions. This type of the erosion caused extensive destruction of the land due to the relatively large size, rapid development and production of sediments. Generally, contributing factors of gully are divided into two categories natural and human. Natural factors include maternal materials sensitivity to erosion, high erodibility of the soil, hydrological conditions, the volume and speed of basin runoff, floods and rodent activity, and in human factors are such as land uses, unprincipled irrigating of land and destruction of vegetation. It is necessary presenting of strategies for conflict with this problem after studying the formation mechanism influencing factors. In order to understanding of various aspects of combating with this phenomenon in Aro basin, located in the Firoozkooch city, overview is done and after determining the types of erosion and sediment yield, the parameters of lithology, slope, soil and land cover as some of the important influencing factors the types of erosion, especially gullies, were studied. Overall, causing factors of gullies are affected by the geology, tectonic, climatic, edaphic, topographic and human activities in this area. These gullies are caused by natural factors and have been expanding by human intervention. Therefore, management must consider all the necessary factors to harnessing them, because history has shown that successful will not be followed with one-dimensional approach.

Keywords: *Runoff, Lithology, Slope, Soil, Land cover and Gully erosion.*

1. Faculty member of the Soil Conservation and Watershed Management Research Institute.

2. PhD student of the Watershed Management, Tehran University, corresponding author: Email:Ma_Rostami@ut.ac.ir