

ارزیابی تأثیر عملیات آبخیزداری بر کاهش فرسایش و رسوب (مطالعه موردی: حوزه آبخیز علی‌کندی بوکان)

ابوذر جعفری^۱، مهدی سرائی تبریزی^{۲*}، حسین بابازاده^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۱۲)

چکیده

فرسایش خاک، باروری اراضی بالادست را تقلیل داده و از طریق رسوب‌گذاری در اراضی پایین‌دست، به آن‌ها خسارت وارد می‌کند. به‌منظور ارزیابی تأثیر عملیات آبخیزداری بر کنترل فرسایش و کاهش رسوبدهی، پیمایش صحرایی بررسی عملکرد هر سازه، در حوزه آبخیز علی‌کندی بوکان صورت گرفت. عملیات آبخیزداری انجام شده شامل بندهای گابیونی و خشکه‌چین، سنگی و ملاتی بود. ارزیابی وضعیت فرسایش خاک و رسوبدهی به کمک مدل پسیاک اصلاح شده و نیز حجم‌سنجی رسوبات در پشت سازه‌های مکانیکی برای ارزیابی اثر اقدامات آبخیزداری، انجام گردید. نتایج ارزیابی نشان داد که فرسایش خاک و رسوبدهی در حوضه مورد مطالعه، بر اثر اجرای عملیات مکانیکی کاهش یافته است. در اثر احداث بندهای رسوب‌گیر در سطح حوزه آبخیز، جمعاً ۷۵۸۰۶/۵ مترمکعب رسوب کنترل شده که حدود ۴۲ درصد می‌باشد. میزان عملکرد کنترل رسوب در واحد حجم برای سازه‌های توری‌سنگی ۰/۲۱ مترمکعب، برای سازه‌های خشکه‌چین با روکش ملاتی ۰/۷۷ و برای سازه‌های سنگی و ملاتی ۰/۴۳ مترمکعب بوده است. یافته‌ها نشان داد که که سازه‌های خشکه‌چین با روکش ملاتی بیش‌ترین تأثیر را در سطح حوضه داشته است. در نهایت پیشنهاد می‌شود که در حوضه مورد نظر و حوضه‌هایی که شرایط مشابه دارند، برای تأثیر مثبت و عملکرد بهتر اقدامات اجرایی، تلفیقی از عملیات مکانیکی و عملیات بیولوژیکی در منطقه اجرا شود.

واژه‌های کلیدی: خشکه‌چین، رسوب‌سنج، سازه‌های آبی حفاظتی، کنترل فرسایش، گابیون

جعفری ا.، سرائی تبریزی م.، بابازاده ح. ۱۳۹۹. ارزیابی تأثیر عملیات آبخیزداری بر کاهش فرسایش و رسوب. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۸، شماره ۴. صفحه: ۵۷-۶۸.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب، گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (مکاتبه کننده)

۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

* پست الکترونیک: m.sarai@srbiau.ac.ir

مقدمه

فرسایش آبی، بادی و یخچالی طبقه‌بندی می‌شود (Dabiri et al., 2014). آمار و ارقام به‌دست آمده از میزان فرسایش و رسوب در کشور و نیز برآوردهایی که از طرف سازمان‌های داخلی و بین‌المللی کشور صورت گرفته است، نشان‌دهنده تشدید فرسایش خاک در چند دهه اخیر می‌باشد. (Soltani et al., 2011).

عملیات حفاظت خاک و آبخیزداری گزینه‌ای اجتناب‌ناپذیر برای کنترل فرسایش و کاهش رسوب‌دهی حوزه‌های آبخیز است. آبخیزداری به معنی مدیریت حوزه‌های آبخیز، علمی است که برنامه‌ریزی، اجرای مدیریت پروژه‌ها و طرح‌های حفظ، احیاء و توسعه و بهره‌برداری بهینه از منابع طبیعی تجدیدشونده موجود در حوزه‌های آبخیز را دربر می‌گیرد. از آنجا که هدف از اقدامات آبخیزداری که در حوضه صورت می‌گیرد، کاهش میزان رسوب وارده به مخزن سد می‌باشد، همچنین این اقدامات با صرف هزینه‌های هنگفتی که جزئی از سرمایه ملی این مملکت به‌شمار می‌آید، به اجرا در می‌آید. لذا، ضروری است عملکرد و نتایج حاصل از اقدامات آبخیزداری از نظر کنترل رسوب‌دهی و فرسایش در حوضه، مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد تا بتوان بر اساس نتایج آن‌ها، مناسب‌ترین روش‌های عملیات آبخیزداری، استخراج و برای حفظ، احیاء و اصلاح سایر آبخیزهای مشابه توصیه نمود (Nabipour et al., 2014).

مهدی‌پور و همکاران (Mahdipour et al., 2007) به ارزیابی و اثربخشی عملیات آبخیزداری در بند خاکی لاله‌زار بردسیر در استان کرمان بر روی کاهش تلفات خاک، خسارات سیل و بهبود وضعیت اقتصادی-اجتماعی ساکنین منطقه پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که تلفات خاک منطقه بعد از احداث بند خاکی به میزان ۱۸/۹۲ تن در هکتار کاهش یافته، سطح زیر کشت محصولات باغی و زراعی رایج محلی نیز از ۲۰۹۰ هکتار به ۲۹۰۰ هکتار رسیده است. در نتیجه، احداث این بند خاکی در منطقه سودمند بوده است. در پژوهشی دیگر نبی‌پور و همکاران (Nabipour et al., 2014) به بررسی تأثیر عملیات سازه‌ای بر خصوصیات سیل پراختند و دریافتند که فاکتورهایی نظیر زمان تداوم، زمان فروکش، زمان اوج و دبی اوج تحت تأثیر عملیات اجرا شده از ۵/۰ تا ۷۰ درصد کاهش یافته است.

افزایش جمعیت همراه با برنامه‌ریزی‌های ضعیف کاربری اراضی، منجر به تخریب جنگل‌ها و مراتع و تبدیل آن‌ها به اراضی کشاورزی می‌گردد. در نتیجه، با کاهش نفوذ آب در خاک و افزایش ظرفیت زهکشی حوضه، جریان سریع‌تر به سمت پایین‌دست حرکت می‌کند و منجر به افزایش دبی سیلاب می‌شود (Nkonya et al., 2008). همچنین، وقوع دوره‌های خشکسالی با تغییر اقلیم نسبتاً بلندمدت، با تأثیر در تراکم پوشش گیاهی حوضه، باعث کاهش تراکم و فراوانی گونه‌های گیاهی در سطح مراتع شده و در نتیجه تشدید سیلاب را به همراه خواهد داشت که تمام این عوامل میزان فرسایش آبی را افزایش خواهد داد (Zadbar et al., 2011). فرسایش آبی علاوه بر متأثر بودن از وقایع اقلیمی، مقدار، شدت و پراکنش زمانی و مکانی بارش و دما، تحت تأثیر کاربری اراضی و دخالت انسان می‌باشد (Prabhakar, 2013). وجود پوشش گیاهی در سطح حوضه به دلیل تأثیر در پارامترهای هیدرولیکی حوضه، از جمله عوامل کاهش سیل‌خیزی به‌شمار می‌آید. در نتیجه، در حوضه‌های سیل‌خیز، نیاز به حفاظت، اصلاح و ایجاد پوشش به دلیل تأثیر آن در افزایش زمان تمرکز، نفوذپذیری و کنترل رواناب قابل توجه است (Chamanpira & Roghani, 2018).

پروژه‌های مدیریت آبخیزداری در مقیاس بزرگ و بلندمدت بوده و می‌توانند کل حوضه رودخانه را به‌صورت گسترده و شدید تحت تأثیر قرار دهند (Nittin Johnson et al., 2013). از آنجا که چنین پروژه‌هایی ممکن است عواقب ناخواسته‌ای را دارا باشند، بنابراین برنامه‌ها و استراتژی‌ها باید پویا باشند. مدیریت آبخیز باید یک رویکرد مدیریتی تطبیقی را دنبال کند که شامل نظارت، ارزیابی، بازخورد و تطبیقات لازم می‌باشد. طیف گسترده‌ای از پروژه‌های توسعه کشاورزی با هدف کاهش فقر، بهبود وضعیت اشتغال و تأمین نیازهای غذایی کشور در شرایط محیطی و طبیعی اجرا گردیده و دارای اثرات مستقیم و غیرمستقیم مثبت و منفی بر رفتارهای اقتصادی و اجتماعی بهره‌برداران و آبخیزنشینان می‌باشد (Mahdipour et al., 2007).

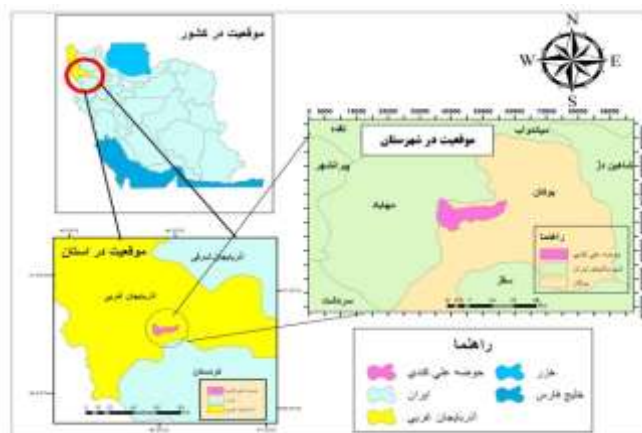
فرسایش خاک فرآیندی است که طی آن ذرات خاک از بستر اصلی خود جدا شده و به کمک یک عامل انتقال‌دهنده، به مکانی دیگر حمل می‌گردند که در انواع

مواد و روش‌ها

حوضه آبریز علی‌کندی شهرستان بوکان در استان آذربایجان غربی در مختصات ۳۶ درجه و ۳۲ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقه و ۳۰ ثانیه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۵۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۴۶ درجه و ۶ دقیقه و ۳۰ ثانیه طول شرقی واقع شده است و از ارتفاعات کوه‌های ملک، شریک، شاه‌خراش، میرقاس، طرغه در سمت غرب حوضه و کوه‌های پیرسلیمان، بیرک، کون‌پس در جنوب حوضه و کوه‌های شاخ‌رش، مثاله در شمال حوضه آبریز سرچشمه می‌گیرد. مساحت محدوده مورد مطالعه ۱۲۲/۴۵۸ کیلومتر مربع بوده که این محدوده از سمت جنوب شرق به شهرستان بوکان، از سمت شرق به روستای علی‌کندی در مسیر جاده بوکان-مهاباد و از سمت شمال غرب به شهرستان مهاباد و از سمت غرب به ارتفاعات ملک، شاه‌خراش و شریک منتهی می‌گردد و در حداکثر ارتفاع ۲۵۸۷ متر از سطح دریا و حداقل ۱۳۴۲ متر از سطح دریا گسترده شده است. بارندگی متوسط سالیانه در ایستگاه داشبند بوکان ۴۱۱/۲ میلی‌متر، رطوبت نسبی منطقه ۵۵/۵ درصد و تعداد روزهای یخبندان ۸۲ روز ثبت شده است. اقلیم منطقه براساس روش دومارتن، نیمه‌خشک تعیین شده است. از نظر زمین‌شناسی، غربی‌ترین بخش زمین‌ساختی ایران مرکزی را شامل شده که تشکیلات دگرگون شده پرکامبرین پیشین در برآمدگی‌ها رخنمون دارند و خود به‌وسیله رسوبات جوانتر پرکامبرین پسین تا عهد حاضر احاطه و یا پوشیده شده‌اند. پی سنگ پرکامبرین پیشین بیش از ۷۰۰۰ متر ضخامت داشته و شامل مجموعه سنگ‌های آتشفشانی دگرگون شده در رخساره شیست سبز تا آمفیبولیت - مرمر و شیست آمفیبولیت و دیگر سنگ‌های دگرگونی تفکیک نشده است. براساس آخرین آمارهای موجود اخذ شده از مرکز بهداشت شهرستان بوکان، جمعیت کل منطقه ۳۲۳۸ نفر شامل ۱۶۶۱ زن و ۱۵۷۷ مرد بوده و در ۴۵۷ خانوار سکونت دارند. در شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. در جدول (۱) مشخصات فیزیوگرافی زیرحوضه‌ها ارائه گردیده است.

خالدیان و بیات (Khaledian & Bayat, 2018) در پژوهشی نقشه احداث سازه‌های آبی آبخیزداری در کاهش فرسایش و رسوب را در حوضه‌های آبریز مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه دست یافتند که بین رسوب‌دهی قبل و بعد از اجرای عملیات آبخیزداری، اختلافی معنی‌دار وجود دارد. چمن‌پیرا و روغنی (Chamanpira & Roghani, 2018) به ارزیابی تأثیر احداث سازه‌های آبی در کاهش سیلاب در حوضه دادآباد پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در دوره بازگشت‌های پایین، حوضه‌های ذخیره آب از توانایی بالایی برای ذخیره‌سازی رواناب و کاهش دبی اوج سیلاب برخوردار می‌باشند، لیکن با افزایش دوره بازگشت، نقش این اقدامات در مهار سیلاب و کاهش دبی اوج، کاهش یافته و منجر به کاهش فرسایش منطقه نیز می‌گردد. محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2019) فرسایش خاک کشور ایران را با استفاده از مدل RUSLE برآورد کردند و بدین نتیجه رسیدند که سالانه حدود چهار میلیارد تن خاک از اراضی کشور فرسایش یافته و قسمتی از آن وارد سامانه آب‌های جاری و دریا می‌شود که سبب کاهش حاصلخیزی خاک و در نهایت تخریب خاک می‌گردد.

به همین دلیل، امروزه حفاظت خاک و مبارزه با فرسایش خاک از ضروری‌ترین اقدامات زیربنایی در هر کشور می‌باشد. برای مبارزه و به تبع آن موفقیت در مهار فرسایش، شناخت و آگاهی از عوامل مؤثر بر فرسایش، شدت تأثیر آن‌ها و بالاخره اولویت‌بندی مناطق از نظر شدت فرسایش و تولید رسوب، ضروری و حائز اهمیت است. تخریب منابع طبیعی و پیامدهای ناشی از آن، یک مشکل بزرگ در جهان و به‌ویژه در ایران به‌شمار می‌آید. از این‌رو، فعالیت‌های مختلف در سال‌های اخیر برای جلوگیری از این تخریب صورت گرفته است. این‌گونه عملیات‌ها در ایران در قالب طرح‌های آبخیزداری و مرتع‌داری از دهه ۱۳۴۰ شروع شده است. با توجه به مرور منابع انجام شده، مشخص می‌شود که ارزیابی کارایی سازه‌ها در کنترل فرسایش و رسوب کم‌تر مورد توجه پژوهشگران بوده است. از این‌رو، در این پژوهش سعی گردید که علاوه بر بررسی و مقایسه انواع بندهای آبخیزداری نسبت به یکدیگر در توانایی به دام انداختن رسوب، میزان فرسایش و رسوب قبل و بعد از احداث بندها نیز مقایسه گردد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز علی‌کندی بوکان در استان آذربایجان غربی

Figure 1. Geographical Location of Alikandi Boukan Watershed in West Azarbaijan Province

جدول ۱- مشخصات فیزیوگرافی زیر حوزه‌ها

Table 1. Sub-basin Physiographic Specifications

subbase	Basin length (km)	Central UTM		Area (km ²)	Max Height	Min Height
		X	Y			
A1	6.31	579534	4053890	15.140	2586.5	1837.8
A2	12.18	581093	4050030	26.843	2282.5	1618.5
A3	7.01	581519	4047120	12.318	2184.3	1783.6
A4	7.17	585775	4050918	9.630	2148.8	1511.0
A5	6.63	585921	4052824	10.435	2263.5	1513.3
A6	6.00	589427	4051661	13.013	1742.6	1650.1
A7	4.67	592328	4050996	7.340	1681.2	1407.2
A8	9.07	594308	4053088	20.344	1704.4	1357.1
A9	6.85	597310	4055394	7.395	1530.6	1341.4
Total	30.81	586430	4051616	122.458	2586.5	1341.4

بررسی میدانی سازه‌ها و تعیین میزان رسوب مهار شده در پشت آن‌ها، با استفاده از مدل MPSIAC^C تعیین و در نهایت، فرسایش و رسوب قبل و بعد از عملیات با یکدیگر مقایسه گردید. دلیل انتخاب این مدل استفاده از آن در هنگام مطالعه قبل احداث می‌باشد که به منظور اینکه بتوان مقادیر را با بعد از احداث مقایسه کرد، از مدل یکسان استفاده شد. برآورد فرسایش به کمک مدل MPSIAC به صورت زیر انجام شد:

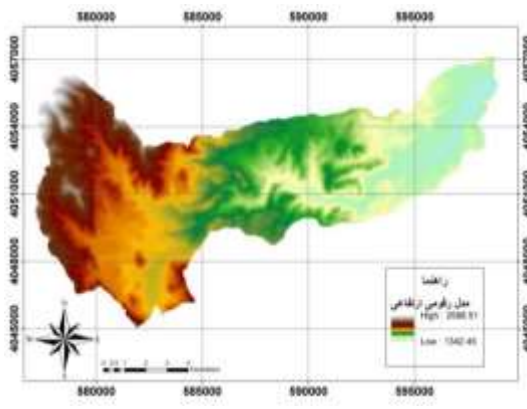
در این مدل، عوامل متعددی نظیر زمین‌شناسی سطحی یا سنگ‌شناسی، خاک، آب و هوا، رواناب (جریان‌های سطحی)، پستی و بلندی، پوشش زمین، استفاده از زمین (کاربری اراضی)، وضعیت فعلی فرسایش و فرسایش رودخانه‌ای نقش دارند. جدول ۲ عوامل مؤثر بر فرسایش و رسوب‌گذاری در مدل MPSIAC، نحوه محاسبه امتیاز و شرح هر پارامتر را نشان می‌دهد.

روش کار

نقشه پایه حوزه مورد مطالعه بر اساس نقشه‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری، در محیط GIS تدقیق (شکل ۲) و با استفاده از منحنی‌های تراز اصلی و فرعی و نقاط ارتفاعی، مدل رقومی-ارتفاعی (DEM) حوزه استخراج گردید (شکل ۳). این مدل، مبنای تهیه نقشه‌های مختلف حوزه از جمله هیپسومتري، شیب و جهت شیب گردید. سپس اطلاعات فرسایش حوزه در سال‌های قبل از احداث سازه‌ها (سال ۱۳۸۵ که توسط مهندسین مشاور زرکشت پایدار انجام شده بود)، از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان آذربایجان غربی دریافت و اطلاعات مربوط به فرسایش بعد از احداث (سال ۱۳۸۷ آغاز احداث سازه‌ها بوده است، اطلاعات جمع‌آوری شده بعد احداث به منظور ارزیابی اثرات مربوط به سال ۱۳۹۸ می‌باشد) نیز با جمع‌آوری و



شکل ۲- نقشه پایه حوزه علی کندی
Figure 2. AliKandi basin base map



شکل ۳- مدل رقومی ارتفاعی حوزه علی کندی بوکان
Figure 3. Alikandi Boukan watershed DEM

جدول ۲- عوامل مؤثر در مدل MPSIAC و نحوه امتیازدهی به آن
Table 2. Factors influencing MPSIAC Model and how to score it

Factors	The form of calculating this score	Description of parameters
Surface geology or lithology	$y_1 = x_1$	X1 = Rock erosion susceptibility score
Soil	$y_2 = 16.67x_2$	X2 = The same soil erodibility factor in the USLE equation.
Weather	$y_3 = 0.2 x_3$	X3 = 6-hour rainfall with 2-year return period
Runoff	$y_4 = 0.006R + 10Q_p$	X4 = R: Annual runoff height (mm), Qp: Special peak discharge ($m^3/S.km^2$)
Topography (Terrain)	$y_5 = 0.33X_5$	X5 = Average slope of the basin in percentage
Vegetation of the Earth	$y_6 = 0.2x_6$	X6 = Percentage of bare ground
Land use	$y_7 = 20 - 0.2x_7$	X7 = Crown cover percentage
Current status of soil erosion	$y_8 = 0.25x_8$	X8 = Soil surface condition and erosion using the B.L.M method,
River erosion	$y_9 = 1.67 x_9$	X9 = Gully erosion score in B.L.M.

رسوب‌دهی که نشان‌دهنده فرسایش نیز می‌باشد (مجموع امتیازات عوامل فرسایش‌پذیری) و e لگاریتم عدد نپرین که تقریباً برابر ۲/۷۱۵ می‌باشد. با ضرب نمودن مقدار رسوب ویژه بر حسب مترمکعب در هکتار در سال در وزن مخصوص ذرات رسوب (به‌طور متوسط ۱/۳۲۵)، مقدار رسوب بر حسب تن در کیلومتر مربع در سال بدست آمد و با استفاده از جدول ۳، شدت رسوب-دهی و کلاس فرسایش منطقه مورد مطالعه مشخص شد.

سپس امتیاز عوامل فوق با استفاده از روابط موجود در هر واحد کاری تعیین، در نسبت مساحت آن ضرب شده و با هم جمع شد. مجموع امتیازهای به‌دست آمده، نشان‌دهنده میزان درجه رسوب‌دهی (R) کل حوزه مورد مطالعه است. با قرار دادن میزان R در معادله زیر، مقدار رسوب ویژه حوزه برآورد شد:

$$Q_s = 38.77e^{0.0353*R} \quad (1)$$

که در آن، Q_s میزان رسوب‌دهی سالانه (رسوب ویژه) بر حسب مترمکعب در کیلومتر مربع در سال، R درجه

جدول ۳- نحوه تعیین میزان تولید رسوب سالانه و کلاسه‌بندی فرسایش خاک در روش MPSIAC

Table 3. Factors influencing MPSIAC model and how to score it

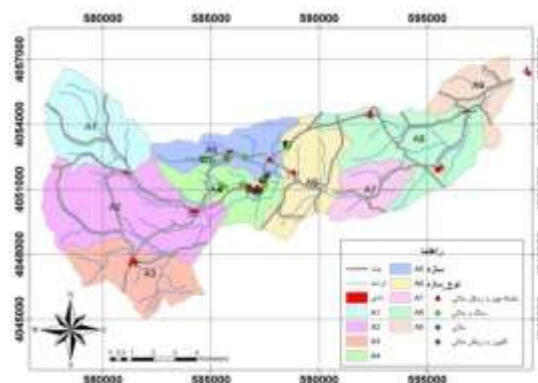
Erosion Class	Qualitative classification of erosion	Annual sediment yield		Scores indicating sedimentation intensity
		Tons per square kilometer	Cubic meters per square kilometer	
V	Very high	2143.5<	1429<	100<
IV	high	714-2143.5	476-1429	75-100
III	Medium	357-714	238-476	50-75
II	Low	142.5-357	95-238	25-50
I	Very low	<142.5	<95	0-25

نتایج و بحث

برای ثبت اطلاعات مربوط به پروژه‌های اجرا شده، انواع عملیات آبخیزداری اعم از بیولوژیکی و مکانیکی، سطح حوضه با توجه به دسترسی خوب جاده‌ها و توپوگرافی مناسب از طریق پیمایش صحرائی، به‌طور کامل مورد بازدید و بررسی قرار گرفت. در این بازدیدها سعی شد تا تمامی آبراهه‌های اصلی و فرعی به‌دقت بررسی شوند و اطلاعات سازه‌های احداثی در فرم‌های مخصوص ثبت گردید. ویژگی‌های مورد نظر از سازه‌های مکانیکی (بند‌های رسوب‌گیر) شامل (۱) مختصات جغرافیایی محل احداث سازه، (۲) نوع سازه اعم از خشکه‌چین (تیپ‌های مختلف با توجه به نوع سرریز و روکش) و توری سنگی، (۳) ابعاد سازه شامل ارتفاع، طول، عرض، تعداد پله‌ها، عرض و ارتفاع پله‌ها، (۴) ابعاد سرریز شامل عرض، ارتفاع و طول سرریز، (۵) وضعیت سازه از نظر تخریب و زیرشویی و (۶) وضعیت رسوب پشت رسوب‌گیر شامل عرض ابتدا، عرض انتها، طول و ارتفاع رسوب می‌باشد.

اطلاعات جمع‌آوری شده از سازه‌های آبخیزداری در جدول ۴ ارائه شده است. در حالت کلی در سطح حوضه، ۵۳ عدد سازه احداث شده است که از این بین، ۲۴ سازه سنگی و ملاتی، ۲۲ سازه خشکه‌چین با روکش ملاتی و هفت سازه گابیونی بوده و تمامی آن‌ها سالم بودند. با توجه به اطلاعات به‌دست آمده، حجم مخازن با اجرای این سازه‌ها برابر با ۱۷۷۴۵۰ مترمکعب بوده که از این میزان ۷۵۸۰۶ مترمکعب را رسوب در برگرفته است (در حدود ۴۲ درصد). همچنین قابل‌ذکر است که حجم حوضچه آرامش آن‌ها نیز در حدود ۵۰۷ مترمکعب بوده است. موقعیت سازه‌های احداث شده و پراکنش آن‌ها در سطح حوضه در شکل ۴ ارائه شده است.

اطلاعات میزان فرسایش با استفاده از مدل MPSIAC قبل از احداث سازه‌ها از مطالعات انجام شده در منطقه تهیه گردید که در جدول ۵ ارائه شده است.



شکل ۴- جانمایی عملیات مکانیکی آبخیزداری در حوزه آبخیز علی‌کندی بوکان

Figure 4. Locating watershed mechanical implementation in Alikandi Boukan watershed

جدول ۴- مشخصات عملیات مکانیکی به تفکیک زیرحوضه در حوزه آبخیز علی‌کندی بوکان

Table 4. Specifications of mechanical implementation by sub-basin in Alikandi Buchan watershed

Sub-basins	Type of structure	Number	Dam volume (Cubic meters)	Sediment volume (Cubic meters)
A1	-	-	-	-
A2	-	-	-	-
A3	-	-	-	-
A4	Gabion	1	250	50
	Stone and mortar	11	172405	74416
A5	Mortar with mortar	22	880	682.5
	Stone and mortar	12	3215	383
A6	Gabion	2	150	28
	Stone and mortar	2	370	45
A7	Gabion	4	550	127
	Stone and mortar	2	370	45
A8	-	-	-	-
A9	-	-	-	-
Total			177450	75806.5



شکل ۵- نمونه‌ای از سازه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه

Figure 5. An Example of dams in the studied Area

جدول ۵- رسوب ویژه واحدهای هیدرولوژیکی به روش MPSIAC (قبل از اجرا)

Table 5. Specific sedimentation of hydrological units by MPSIAC (before construction)

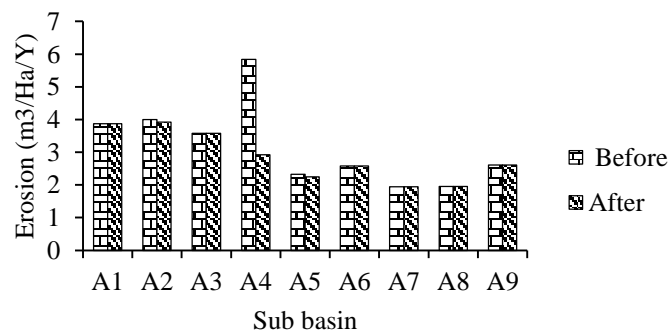
Sub-basin	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	R	Erosion (m ³ ha.y ⁻¹)	Sediment (m ³ ha.y ⁻¹)
A1	5.1	4.2	2.3	2.3	7.2	8.3	14.0	12.7	13.4	69.5	3.9	2.3
A2	4.9	4.5	3.3	3.3	4.2	8.6	11.7	14.2	13.4	68.1	4.0	2.2
A3	6.1	4.3	4.2	4.2	3.3	8.8	11.8	13.7	11.7	68.1	3.6	2.2
A4	4.0	4.0	1.7	11.7	4.5	10.9	15.6	14.6	15.7	82.7	5.8	3.7
A5	4.0	4.3	2.2	3.9	4.16	7.8	11.9	10.2	8.3	56.7	2.3	1.4
A6	3.6	4.5	2.3	1.6	3.4	7.2	13.2	13.0	10.0	58.8	2.6	1.5
A7	6.1	4.0	1.2	1.2	4.9	6.0	13.8	7.7	8.3	53.2	1.9	1.3
A8	5.6	4.3	1.1	1.1	2.6	8.4	11.0	8.5	6.7	49.3	2.0	1.1
A9	5.5	8.2	0.8	0.8	3.1	7.2	12.2	11.7	13.4	61.3	2.6	1.7

اطلاعات میزان فرسایش با استفاده از مدل MPSIAC بعد از احداث سازه‌ها، با استفاده از نقشه‌های پایه تهیه و پیمایش صحرائی و تصاویر ماهواره‌ای محاسبه گردید که در جدول ۶ ارائه شده است.

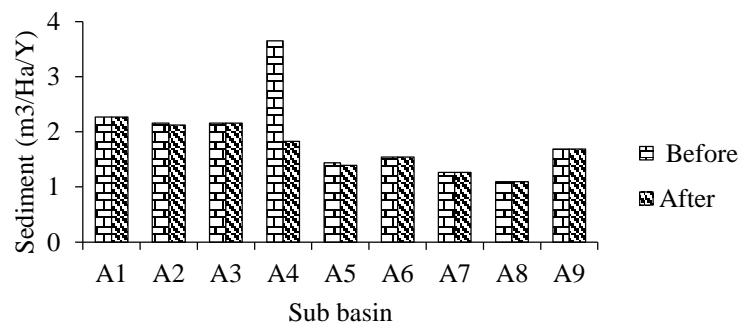
جدول ۶- رسوب ویژه واحدهای هیدرولوژیکی به روش MPSIAC (بعد از اجرا)
Table 6. Specific sedimentation of hydrological units by MPSIAC (After construction)

Sub-basin	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	R	Erosion (m ³ ha.y ⁻¹)	Sediment (m ³ ha.y ⁻¹)
A1	5.1	4.2	2.3	2.3	7.2	8.3	14.0	12.7	13.4	69.5	3.9	2.27
A2	4.9	4.5	3.3	3.3	4.2	8.4	11.4	14.2	13.4	67.6	3.9	2.12
A3	6.1	4.3	4.2	4.2	3.3	8.8	11.8	13.7	11.7	68.1	3.6	2.16
A4	4.0	4.0	1.7	2.9	4.5	6.9	12.6	13.5	13.4	63.5	2.9	1.83
A5	4.0	4.3	2.2	3.0	4.16	7.8	11.9	10.2	8.3	55.9	2.2	1.39
A6	3.6	4.5	2.3	1.6	3.4	7.2	13.2	13.0	10.0	58.8	2.6	1.54
A7	6.1	4.0	1.2	1.2	4.9	6.0	13.8	7.7	8.3	53.2	1.9	1.26
A8	5.6	4.3	1.1	1.1	2.6	8.4	11.0	8.5	6.7	49.3	2.0	1.10
A9	5.5	8.2	0.8	0.8	3.1	7.2	12.2	11.7	13.4	61.3	2.6	1.69

با توجه به نتایج بدست آمده از مطالعات فرسایش و رسوب حوضه برای بعد از اقدامات آبخیزداری، اقدام به مقایسه میزان فرسایش حوضه با شرایط قبل از اقدامات اجرایی گردید که در شکل ۶، نمودار تغییر میزان فرسایش و در شکل ۷، نمودار تغییر میزان رسوب برای دو دوره مورد بررسی، ارائه شده است.



شکل ۶- میزان فرسایش ویژه (مترمکعب در هکتار در سال) حوضه برای زیرحوضه‌های مختلف
Figure 6. Specific erosion rate (m³ ha.y⁻¹) for different sub-basins



شکل ۷- میزان رسوب ویژه (مترمکعب در کیلومتر مربع در سال) حوضه برای زیرحوضه‌های مختلف
Figure 7. Specific sedimentation rate (m³ ha.y⁻¹) for different sub-basins

در رابطه با تأثیر در کنترل فرسایش و رسوب، کاملاً مشخص است که بیشترین تأثیرات اقدامات آبخیزداری در کنترل فرسایش و رسوب به ترتیب مربوط به زیرحوضه‌های A4، A5، A2 و در نهایت A6 بوده است که دلیل آن اجرای عملیات‌های مکانیکی در زیرحوضه‌های A4، A5 و A6 به لحاظ افزایش زمان تمرکز و کاهش دبی پیک (در زیر حوضه A4 دبی سیلاب با دوره بازگشت ۲ ساله از ۲ مترمکعب بر ثانیه بر کیلومتر مربع به حدود ۰/۳ مترمکعب بر ثانیه بر کیلومتر مربع، در زیر حوضه A5 دبی سیلاب با دوره بازگشت ۲ ساله از ۲/۸ مترمکعب بر ثانیه بر کیلومتر مربع به ۱/۷ مترمکعب بر ثانیه بر کیلومتر مربع و در زیر حوضه A6، دبی سیلاب با دوره بازگشت ۲ ساله از ۱/۹ مترمکعب بر ثانیه بر کیلومتر مربع به ۱/۷ مترمکعب بر ثانیه بر کیلومتر مربع کاهش یافته است) و در زیرحوضه A2 انجام عملیات بیولوژیک و افزایش CN و تاج پوشش بوده است که با پژوهش قدرتی (Ghodrati, 2004) مطابقت دارد. با توجه به اطلاعات به‌دست آمده، حجم مخازن با اجرای این سازه‌ها برابر با ۱۷۷۴۵۰ مترمکعب بوده که از این میزان، ۷۵۸۰۶ مترمکعب را رسوب در برگرفته است (در حدود ۴۲ درصد). همچنین، قابل ذکر است که حجم حوضچه آرامش آن‌ها نیز در حدود ۵۰۷ مترمکعب بوده است. از محاسن قابل توجه سازه‌های اجرا شده می‌توان به استحکام و استفاده از مصالح مرغوب اشاره کرد. بنابراین، بر اساس بازدید میدانی، خوشبختانه هیچگونه آثار تخریب در سازه‌های احداثی مشاهده نگردید. در اثر احداث بندهای رسوب‌گیر در سطح حوضه آبخیز، جمعاً ۷۵۸۰۶/۵ مترمکعب رسوب کنترل شده که حدود ۴۲ درصد می‌باشد. هر سازه‌ای که بتواند باعث کنترل رسوب بیشتری شود، به‌علت کاهش مشکل کم-آبی، افزایش میزان محصولات کشاورزی و کاهش هزینه‌ها، نقشی مؤثرتر در امر بهبود درآمد حوضه و حفاظت منابع آب و خاک خواهد داشت (Ran et al., 2008). میزان عملکرد کنترل رسوب در واحد حجم برای سازه‌های توری‌سنگی ۰/۲۱ مترمکعب، برای سازه‌های خشکه‌چین با روکش ملاتی ۰/۷۷، و برای سازه‌های سنگی و ملاتی ۰/۴۳ مترمکعب بوده است. بنابراین، سازه‌های خشکه‌چین با روکش ملاتی بیشترین تأثیر را در سطح حوضه داشته است که این نتایج با نتایج حاصل از تحقیق هاشمی (Hashemi, 2010) و بروشکه

(Brooshke, 2010) مطابقت دارد. در حوضه آبخیز علی‌کندی بوکان، عملیات آبخیزداری غالباً شامل عملیات مکانیکی (احداث بندهای توری‌سنگی، خشکه‌چین و ملاتی) و به مقدار کم عملیات بیولوژیکی می‌باشد. بر اساس اطلاعات دریافتی و استخراج پرسشنامه‌های محلی از روستائیان، اجرای این طرح در ایجاد اشتغال موقت هیچ کمکی نکرده و بر اساس اظهارات روستائیان ساکن در منطقه، از زمان اجرای طرح تا کنون، تأثیر چندانی بر درآمد ساکنین نداشته است. لیکن، انتظار می‌رود در درازمدت با کنترل فرسایش خاک، تقویت آب‌های زیرزمینی و احیای منابع آب خشک شده، اجرای این طرح بتواند با افزایش سطح زیر کشت اراضی آبی و ایجاد اشتغال، در بهبود وضعیت معیشتی و درآمد خانواده‌ها تأثیری بیش‌تر داشته باشد. اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان بوکان در حوضه آبخیز علی‌کندی از بین مجموعه اقدامات اجرایی آبخیزداری و حفاظت آب و خاک عمدتاً عملیات مکانیکی آن هم از نوع توری‌سنگی، خشکه‌چین و سنگی و ملاتی را انتخاب و اجرا کرده است و لذا از انواع دیگر عملیات مکانیکی و همچنین عملیات بیولوژیکی (قرق، کپه‌کاری و غیره) در سطح حوضه، موردی مشاهده نمی‌شود. لازم به ذکر است که بر اساس بازدیدهای میدانی، ثبت اطلاعات موجود و ارزیابی آن‌ها، به‌طور کلی سازه‌های احداث شده در کنترل رسوب عملکردی قابل قبول داشته‌اند. لیکن پیشنهاد می‌شود که در حوضه مورد نظر و حوضه‌هایی که شرایط مشابه دارند، برای تأثیر مثبت و عملکرد بهتر اقدامات اجرایی، تلفیقی از عملیات مکانیکی و عملیات بیولوژیکی در منطقه اجرا شود (Mahdipour et al., 2007). بدین معنی که بعد از عملیات مکانیکی یا همزمان با آن، عملیات بیولوژیکی جهت پیشگیری از ایجاد فرسایش‌های بعدی اجرا شود. به‌عبارت دیگر، بحث عملیات مکانیکی (درمان) و عملیات بیولوژیکی (پیشگیری) به‌طور همزمان صورت گیرد تا علاوه بر کنترل فرسایش و رسوب، در بهبود قابلیت اراضی نیز مؤثر باشد. در این حالت، زیرحوضه‌های A1، A2، A3 و A5 را می‌توان نام برد. در حوضه آبخیز علی‌کندی بوکان به‌دلیل عدم همزمانی دو نوع عملیات مذکور، تنها بر اثر اجرای عملیات مکانیکی تا حدودی فرسایش و رسوب کنترل شده، لیکن بهبود قابل توجهی در وضعیت قابلیت

عملیات آبخیزداری و حتی گاهی سلیقه‌ای شدن محل اجرای این عملیات، صرف‌نظر از نتایج، بعضاً معکوس و متفاوت با اهداف اولیه، باعث می‌شود که خسارات محسوس و نامحسوس ناشی از عدم اجرای به‌موقع عملیات آبخیزداری، به‌صورت تصاعدی، افزایش یابد. در منطقه مورد مطالعه، احداث سازه‌ها آن هم تنها در برخی زیرحوزه‌ها، تأثیر چندانی بر میزان فرسایش و رسوب نگذاشت؛ به‌گونه‌ای که میزان فرسایش در سطح حوضه تغییر چشمگیری نداشت و تا حدودی توانست فرسایش و رسوبدهی را در سطح حوضه همگن‌تر کند. لیکن، مشکل فرسایش حوضه طی اجرای این عملیات حل نشد. در کل می‌توان اظهار کرد با توجه به اینکه هدف از احداث سازه‌های آبخیزداری تثبیت خاک و فراهم کردن مناسب برای رشد گیاهان است نه صرفاً انباشت رسوبات در پشت این سازه‌ها، اجرای این عملیات در حوضه تأثیر مثبتی در میزان فرسایش و رسوبدهی حوضه نداشت و نتوانست از جدا شدن ذرات از محل خود جلوگیری کند. به طوری که ذرات خاک از محل خود جدا شدند و پس از طی مسیری، نهایتاً در داخل آبراهه‌ها در پشت بندهای احداث شده جمع شدند و با انباشت رسوبات در پشت سازه‌های احداث شده، توانست از انتقال آن به داخل آبراهه‌ها و افزایش بار معلق آن‌ها جلوگیری کند.

اراضی حوضه مشاهده نمی‌شود. مثال بارز برای این قسمت می‌توان زیرحوضه A6 را نام برد. در منطقه مورد مطالعه، مشکلات اساسی اهالی در زمینه فعالیت اصلی آن‌ها یعنی کشاورزی و دامپروری است. در نتیجه، با توسعه فعالیت‌های آبخیزداری، بسیاری از مشکلات کشاورزان حل خواهد شد. منطقه مورد مطالعه به‌گونه‌ای است که مسائل اقتصادی-اجتماعی در تشدید یا کاهش پدیده‌های فرسایش و رسوب، سیل و کم‌آبی برای کل منطقه مشترک تأثیر گذار می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

برای کاهش سیل و کنترل فرسایش، نمی‌توان در عوامل و عناصر زمین‌شناسی، مورفولوژی و اقلیمی تغییری ایجاد کرد. عملیات آبخیزداری با تأثیر مثبت در مهار سیل و فرسایش، در اغلب حوضه‌ها می‌تواند روش مناسب باشد؛ هرچند هنوز نیاز به تحقیق در این زمینه وجود دارد. از طرفی، وسعت زیاد حوضه‌های آبخیز کشور و تخریب آن، محدودیت‌های اقتصادی، زمانی و اجرایی، فقدان ایستگاه‌های باران‌سنجی، هیدرومتری، و رسوب‌سنجی و آمار مناسب احیای آبخیزها و اجرای عملیات آبخیزداری و مهندسی رودخانه را با مشکلات متعدد و پیچیده‌ای همراه ساخته است. عدم اجرای به‌موقع زمانی و مکانی

References

- Brooshke E. 2010. Assessment of sediment yield measurement methods in reservoir and dams. Proceedings of the Third Meeting of Research Projects in the Field of Sediment Measurement in Dams and Reservoir and Models, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 2-3 May, Tehran, 3: 25-29. (In Persian)
- Chamanpira R. and Roghani M. 2018. Evaluation of the impact of watershed management on the flood reduction of Dadabad basin. *Journal of Watershed Engineering and Management*, 10(3): 350-360. (In Persian)
- Dabiri S.S., Sofi M. and Talbedokhti N. 2014. Effects of watershed check dams in sediment control (Case Study: Eghlid, Marvdasht and Mamsani Watersheds). *Journal of water Resources Engineering*, 6: 1-21. (In Persian)
- Ghodrati A. 2004. Assessment of watershed management projects carried out in Sefidrood Dam Basin. Final Report. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran, 79p. (In Persian)
- Hashemi S.A.A. 2010. Evaluation of small dams and methods of field study of reservoirs watershed in Semnan province. Proceedings of the Third Meeting of research projects in the field of sediment measurement in dams and reservoir and models. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 2-3 May, Tehran, 3:1-7 (In Persian)
- Khaledian H. and Bayat R. 2018. The role of watershed projects in reducing erosion and sedimentation of watersheds. *Environmental and Water Engineering*, 3(3): 200-213.
- Mohammadi Sh., Karimzadeh H.R. and Alizadeh M. 2019. Spatial estimation of soil erosion in iran using RUSLE model. *Ecohydrology*, 5(2): 551-569. (In Persian)

- Mahdipour A., Toghroli N. and Ghaemmaghmi Sh. 2007. Evaluation and effectiveness of watershed management case study: Lalezar soil dam in Kerman Province, 4th National Conference on Watershed Management Science and Engineering, Karaj Watershed Management Faculty, University of Tehran. (In Persian)
- Nabipour Y., Wafakhah M. and Moradi H.R. 2014. The effects of watershed manage practices on floods. *Journal of Agricultural Science and Technology.*, 18: 199-212. (In Persian)
- Nittin Johnson J., Govindaradjane S. and Sundararajan T. 2013. Impact of watershed manage on the groundwater and irrigation potential: A case studyInternational. *Journal of Innovative Technology. (IJEIT)*, 2(8): 42-45.
- Nkonya E., Pender J.C., Kaizzi K., Kato E., Mugarura S., Sali H. and Muwonge J. 2008. Linkages between Land Management, Land Degradation, and Poverty in Sub-Saharan Africa the Case of Uganda. 132p.
- Prabhakar P. 2013. Multiple impact of integrated watershed management in low rainfall semi-arid region: a case study from eastern Rajasthan, India. *Journal of Water Resource and Protection*, 5: 27-36.
- Ran, D., Q. Lou, Z. Zhou, G. Wang, and X. Zhang. 2008. Sediment retention by check dams in the Hekouzhen-Longmen Section of the Yellow River. *International Journal Sediment Research*, 23: 159-166.
- Soltani M., Ekhtesasi M.R., Talebi A., Pouraghnayi M.J. and Sarsangi A.R. 2011. The effect of breeding dams on reduction of flood peak discharge (case study: Mashad Watershed of Yazd). *Journal of Watershed Research*, 24(4): 46-54.
- Zadbar M., Arzani H., Azimi M., Mozafarian M., Shad Gh., Saghafi Khadem F., Tavakoli H., Amirabadi Zadeh H. and Naseri S. 2011. Rangeland monitoring in the north east of Iran. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 18(2): 231-243.

Effects of Watershed Management Practices in Reducing the Erosion and Sedimentation (Case Study: Alikandi Boukan Watershed)

Abozar Jafari¹, Mahdi Sarai Tabrizi^{2*}, Hossein Babazadeh³

(Received: March 2020 Accepted: June 2020)

Abstract

Soil erosion reduces the fertility of upstream soils and damages them by sedimentation downstream. In order to evaluate the impact of watershed mechanical operations on erosion control and sediment reduction, field surveys were performed to evaluate the performance of each structure in the Bukan Alikandi watershed. Soil erosion and sedimentation status was evaluated using MPSIAC model and sediment volumetric measurements were carried out behind mechanical structures to evaluate the effect of watershed management. Evaluation results showed that mechanical operations were able to reduce soil erosion and sedimentation percentage. Due to the construction of check dams at Alikandi watershed, a total of 75806.5 cubic meters of controlled sediment is about 42%. The volume of sediment control per unit volume was 0.21 m³ for gabion dams, 0.77 for rock check dams with cement cover and 0.43 m³ for cement check dams, respectively. Therefore, rock check dams with cement cover had the greatest impact on the basin. Finally, it is suggested that in the desired basin and basins with similar conditions, for the positive impact and better performance of executive measures, a combination of mechanical and biological be implemented in the area.

Key words: Conservation Water Structures, Dry Stone, Erosion control, Gabion, Sediment meter

Jafari A., Sarai Tabrizi M. and Babazadeh H. 2021. Effects of watershed management practices in reducing the erosion and sedimentation (Case study: Alikandi Boukan Watershed). *Applied Soil Research*, 8(4): 57-68.

1 MSc. Student of Water Resources, Department of Water Engineering and Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2. Assistant Professor, Department of Water Engineering and Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

3. Associate Professor, Department of Water Engineering and Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

* Corresponding Author Email: m.sarai@srbiau.ac.ir