

مقدمه

فرسایش خاک یکی از مهم ترین عوامل مؤثر بر کیفیت آب، پرشدن مخازن سدها و تخریب اراضی پایین دست است، از مهم ترین مسائل زیست محیطی کشورهای در حال توسعه از جمله ایران می باشد و می تواند آثار مخربی بر اکوسیستم داشته باشد. خاک به عنوان بستر تولید و یکی از دو عنصر تشکیل دهنده اکوسیستم خشکی یعنی آب و خاک، از عوامل مهم در استمرار حیات در کره زمین است [۱۱]. فرسایش خاک در ایران مسیر صعودی داشته و بر اساس اطلاعات منتشر شده، متوسط سالانه تلفات خاک ناشی از فرسایش در ایران رشد قابل توجهی داشته است [۱]. مدیریت صحیح حوزه های آبخیز مبتنی بر درک صحیح از بیان رسوبی آن حوضه می باشد [۱۸]. برای شناسایی و تعیین سهم و اهمیت منابع رسوب در یک حوضه روش های منشأیابی مختلفی از جمله کانی شناسی، پراش پرتو ایکس [۹]، خواص مغناطیسی [۸]، عناصر رادیواکتیو [۴] و ژئوشیمیایی [۱۳] وجود دارد. روش کانی شناسی بر این فرض استوار است که واحدهای سنگ شناسی به عنوان منابع تولید رسوب دارای یک سری ترکیبات بوده که با مقایسه این ویژگی ها با ترکیب کانی شناسی نمونه های رسوب می توان به تصحیح عامل سنگ شناسی پرداخت و سهم و اهمیت نسبی منابع رسوب در تولید رسوب را تعیین نمود. تحقیقات مختلفی در رابطه با فرسایش پذیری و توان رسوب زایی سازندهای زمین شناسی با استفاده از ترکیب کانی شناسی رسوبات صورت گرفته است [۳] [۷]، [۱۵]. پادیاپ و فیض نیا [۲] برای تعیین تولید رسوب حوزه آبخیز بالادست عرصه پخش سیلاب گچساران اقدام به تعیین نقش سازندهای مختلف زمین شناسی نمودند، نتایج آنها نشان داد که سازندهای پایده-گورپی با سهم ۵۵/۳ درصد، بیش ترین نقش را در تولید رسوب داشته اند. صمدی ارقینی [۸] با استفاده از ویژگی های کانی شناسی و استفاده از میکروسکوپ بینوکار^۲ سهم واحدهای مختلف سنگی در تولید رسوب را در حوزه آبخیز حسن ابدال زنجان تعیین نمود. بر اساس نتایج به دست آمده واحد سنگ شناسی Ez که از شیل میکایی صورتی تا قرمز سازند زاگون می باشد با ۴۴/۶۲ درصد بیش ترین سهم را در فرسایش و تولید رسوب داشته است. کالاگز و سیح [۱۷] در یک آبخیز به تعیین سهم سرشاخه ها با استفاده از خصوصیات کانی شناسی در تولید رسوب پرداختند و یکی از سرشاخه ها را مهم ترین منبع تولید رسوب تشخیص دادند. این محققین اظهار داشته اند که وجود تفاوت های

 بررسی حساسیت به فرسایش سازندهای سنگی
حوزه آبخیز زیارت با استفاده از اندیس فرسایش

حجت اله صمدی ارقینی^۱، آیدینگ کرنژادی^۱، سعیده جلالی^۲
تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۰۹

چکیده

فرسایش خاک از جمله نگرانی های عمده زیست محیطی قرن حاضر است. با شناسایی منابع اصلی رسوب می توان راهکاری عملی برای جلوگیری از هدررفت خاک ارائه نمود. در این تحقیق برای کاهش خسارت سیل به تأسیسات و اراضی کشاورزی پایین دست حوزه آبخیز زیارت، ارتباط بین رسوبات آبراهه ها با منابع تولید رسوب بالادست با استفاده از روش اندیس فرسایش مورد بررسی قرار گرفت. هدف از این مطالعه، تعیین جنس اجزاء تشکیل دهنده رسوبات و نسبت دادن ذرات رسوبی به واحدهای سنگ شناسی حوضه و در نتیجه تعیین سهم هر یک از واحدهای سنگ شناسی در رسوب زایی حوزه آبخیز می باشد. برای این منظور ابتدا از رسوبات نمونه برداری صورت گرفت و بعد از دانه بندی نمونه ها، بررسی های کانی شناسی با استفاده از بینوکار صورت گرفت. با تعیین جنس و تعداد کانی ها و خرده سنگ ها در هر نمونه، آن را به سنگ و سازند تولید کننده هر کانی و خرده سنگ نسبت داده و اندیس فرسایش هر سازند در تولید رسوب مشخص شد و نقشه حساسیت به فرسایش واحدهای سنگ شناسی تهیه گردید. مطابق نتایج به دست آمده ۲۳/۲۳ درصد حوضه دارای فرسایش خیلی شدید، ۲۴/۰۵ درصد حوضه دارای فرسایش شدید، ۹/۰۷ درصد فرسایش ضعیف و ۴۳/۶۵ درصد حوضه دارای فرسایش خیلی ضعیف می باشند.

واژه های کلیدی: دانه بندی، رسوب، سنگ شناسی، فرسایش پذیری سازند.

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، نویسنده مسئول، Email: samadi.hojjat@ut.ac.ir
۲- کارشناسی ارشد فارغ التحصیل در ژئومورفولوژی، تهران، دانشگاه شهید بهشتی.

جدی در ترکیب کانی‌شناسی رسوبات سبب شایستگی این روش به ویژه در آبخیزهای کوچک برای تفکیک منابع اصلی رسوب می‌باشد. ادوارد و همکاران [۱۷] با استفاده از ترکیب کانی‌شناسی، رسوبات وارده به مخزنی در مکزیک را منشأیابی کردند و بیان نمودند که استفاده از روش کانی‌شناسی موجب صرفه‌جویی در زمان و هزینه برای تعیین منشأ رسوبات می‌شود. روش کانی‌شناسی اطلاعات ویژه‌ای راجع به منابع رسوب در اختیار می‌گذارد که این اطلاعات تحت تأثیر عوامل زمین‌شناسی (سنگ‌شناسی، شیب سنگ‌های منشأ، نوع و توزیع فرایندهای هوازدگی)، خصوصیات هیدرولیکی جریان (اندازه ذرات بستر، شیب، دبی، نرخ انتقال رسوب و مسافت حمل‌شده)، هوازدگی در حین حمل، حد تحمل سازندهای مختلف به انواع فرسایش و در نهایت میزان رسوب تولیدی شاخه‌های فرعی ورودی به آبراهه اصلی می‌باشد [۱۸]. در دهه‌ی اخیر حوزه آبخیز زیارت با توجه به تغییر کاربری‌های صورت گرفته دچار روند رو به افزایش فرسایش و تولید رسوب شده که تأثیرات مخرب اکولوژیکی را در پی دارد. از آنجا که رودخانه زیارت تأمین کننده‌ی آب شرب شهرستان می‌باشد بررسی فرآیند فرسایش و رسوب و جلوگیری از تشدید این مهم امری ضروری به شمار می‌آید. لذا هدف اصلی این پژوهش تعیین مناطق حساس به فرسایش در حوزه آبخیز زیارت بر اساس عوامل کانی‌شناسی است.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

برای انجام پژوهش حاضر حوزه آبخیز زیارت به‌عنوان یکی از حوزه‌های آبخیز کوهستانی کشور با وسعت ۹۱۸۸ هکتار در محدوده جغرافیایی $37^{\circ} 36'$ تا $55^{\circ} 45'$ عرض شمالی و $54^{\circ} 23'$ تا $31^{\circ} 54'$ طول شرقی انتخاب شد. این آبخیز از لحاظ تقسیمات سیاسی در جنوب شهرستان گرگان قرار گرفته و یکی از زیرحوضه‌های بزرگ آبخیز قره‌سو می‌باشد. آبراهه اصلی حوزه آبخیز زیارت در جهت کلی شمالی-جنوبی می‌باشد. در این آبخیز میانگین بارندگی سالانه برابر $550/28$ میلی‌متر بوده که ماه آذر با $49/03$ میلی‌متر بارندگی بیشترین میزان و ماه مرداد با $18/58$ میلی‌متر بارندگی کمترین میزان بارندگی را در حوضه مذکور دارد. سازندهای سنگی حوزه آبخیز زیارت شامل سازند خوش بیلاق، لار، دونین-کربونیر، مبارک، شمشک و شیست گرگان می‌باشد. حوضه زیارت شامل سه زیرحوضه آبشار، تول‌بنه و روستا می‌باشد. محدوده مورد نظر تماماً از بخش کوهستانی و ارتفاعات تشکیل شده است. سطح حوزه آبخیز از کاربری‌های جنگل، مرتع، اراضی کشاورزی، باغات، دیم‌زارهای رها شده و مناطق مسکونی پوشیده شده است.

نمونه‌برداری از رسوبات

در این مطالعه نقشه زمین‌شناسی حوضه با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی، بازدیدهای صحرایی مکرر و نرم‌افزار Google Earth تهیه شد. برای نقاط نمونه‌برداری

اهمیت زیادی دارد. در این مطالعه از خروجی زیرحوضه‌ها نمونه‌هایی از رسوبات بستر آبراهه‌ها گرفته شد. برای اینکه نمونه‌ها شاخص رسوبات کل حوضه باشند، محل نمونه‌برداری‌ها قبل از اتصال سرشاخه‌های اصلی تعیین شده است. از دستگاه GPS برای ثبت موقعیت نمونه‌برداری‌ها و از دستگاه صفحه لرزاننده برای تفکیک و انجام کانی‌شناسی و تهیه نقشه حساسیت به فرسایش تعیین‌دانه‌بندی نمونه‌های برداشت شده کمک گرفته شد. هم چنین از میکروسکوپ بینوکارلر برای شکل‌شناسی نمونه‌های رسوب استفاده شده است [۱۳]. شکل ۱ نقاط نمونه‌برداری را بر روی نقشه زمین‌شناسی و جدول ۱ ویژگی‌های واحدهای سنگ‌شناسی مختلف را نشان می‌دهد.

رسوب‌شناسی و تعیین اندیس فرسایش

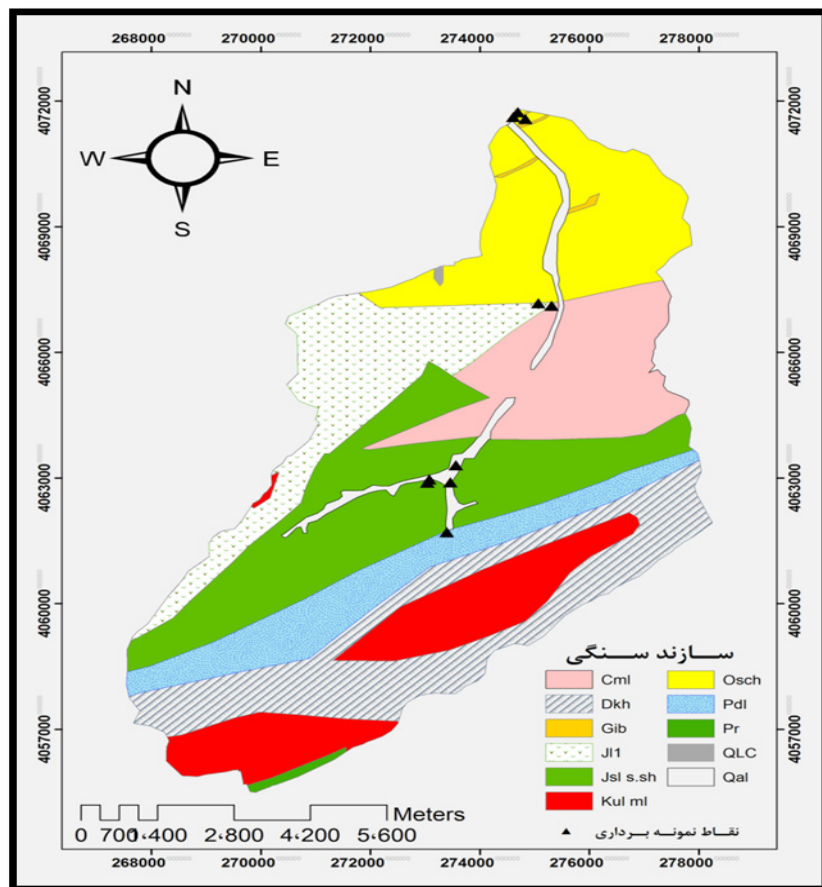
شمارش و سنگ‌شناسی سنگریزه‌ها یکی از روش‌های مطالعه منشأ رسوبات درشت و مجزا می‌باشد. زیرا این روش اطلاعات ویژه‌ای راجع به منابع رسوب در اختیار می‌گذارد. در همین راستا پس از دانه‌بندی رسوبات، در ادامه با انتخاب ۱۰۰ دانه رسوبی از هر نمونه، بررسی‌های کانی‌شناسی با استفاده از میکروسکوپ بینوکارلر و با توجه به واقعیت رسوبی منطقه، توجه به حضور واحدهای مختلف سنگ‌شناسی، جنس رسوب ارائه شده توسط سازندها و بررسی راهنمای نقشه زمین‌شناسی، صورت پذیرفت و سپس جنس و سنگ‌شناسی رسوبات مشخص شد [۹]. پس از تعیین جنس کانی‌ها و خرده‌سنگ‌ها و شمارش تعداد آن‌ها، سنگ و سازند تولیدکننده هر کانی و خرده‌سنگ تعیین شد. در نهایت اندیس هر واحد سنگی با استفاده از رابطه (۱) که توسط فیض‌نیا [۹] ارائه شده است با در نظر گرفتن مساحت واحد سنگی به صورت وزنی تعیین شد:

$$\text{اندیس فرسایش هر واحد سنگی} = \frac{\text{فراوانی رسوب حاصل از واحد سنگ‌شناسی همگن} \times \text{مساحت واحد همگن (کیلومتر مربع)}}{\text{مساحت کل زیر حوزه آبخیز (کیلومتر مربع)}}$$

رابطه (۱)

$$\text{اندیس فرسایش} = \frac{\text{فراوانی رسوب حاصل از واحد سنگ‌شناسی همگن} \times \text{مساحت واحد همگن (کیلومتر مربع)}}{\text{مساحت کل زیر حوزه آبخیز (کیلومتر مربع)}}$$

در رابطه فوق واحد همگن همان سازندها و واحدهای سنگ‌شناسی است. بنابراین برای هر یک از واحدهای سنگی یک عدد بدون بعد (اندیس فرسایش) که بیانگر حساسیت نسبی واحد‌ها در برابر فرسایش است به دست می‌آید. در نهایت نقشه حساسیت به فرسایش سازندهای سنگی به منظور نمایش تصویری نقاط حساس به فرسایش با استفاده از نتایج مربوط اندیس فرسایش واحدهای



شکل ۱- نقشه حوزه آبخیز زیارت و نقاط نمونه برداری برای انجام پژوهش حاضر

جدول ۱- گسترش واحدهای سنگ شناسی حوزه آبخیز زیارت

نماد زمین شناسی	سازند	سن زمین شناسی	جنس تشکیلات	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد
Qal		کواترنر	نهشته های رودخانه ای عهد حاضر	2.06	2.24
Qlc		کواترنر	لس	0.06	0.07
Kul ml	کرتاسه فوقانی	کرتاسه فوقانی	سنگ آهک مارنی سفید	10.62	11.55
J1l	سازند لار	ژوراسیک فوقانی	آهک ضخیم لایه تا توده ای خاکستری	11.36	12.36
Jsl s.sh	زیر واحد سازند شمشک	ژوراسیک زیرین	ماسه سنگ خاکستری و شیل	18.95	20.62
Pr	سازند روته	پرمین فوقانی	آهک متوسط تا توده ای با میان لایه مارن	0.34	0.37
Pdl	درود	پرمین زیرین	سنگ آهک انکولیتی متوسط لایه تا توده ای	8.34	9.07
Cml	مجموعه مبارک	کربونیفر زیرین	آهک و آهک دولومیتی ضخیم تا توده ای خاکستری	11.49	12.5
Dkh	سازند خوش بیلاق	دونین	شیل خاکستری تیره	14.58	15.86
Osch	مجموعه گرگان	پرکامبرین	شپست گرگان	13.86	15.08
Gb		پرکامبرین	گابروی دگرگون شده	0.18	0.28
			جمع کل	9188	100

نتایج

نتایج دانه‌بندی

جدول ۲ نتایج حاصل از شمارش کانی‌ها و خرده سنگ‌ها را نشان می‌دهد.

اندیس فرسایش هر سازند در تولید رسوب به تفکیک زیر

حوضه‌ها در جداول ۳ تا ۵ آمده است. هم چنین برای اندیس فرسایش به دست آمده یک ضریب بار معلق در نظر گرفته شد. این ضریب برای سنگ سخت آهکی - دولومیتی برابر ۱ و برای سنگ نرم - سست مارنی برابر با ۲ در نظر گرفته شد [۶].

با تلفیق نتایج حاصل از سه زیرحوضه، عدد کل اندیس فرسایش در کل حوضه به دست آمد که نتایج آن در جدول ۶ آمده است.

کلاس بندی استاندارد عدد کل اندیس فرسایش (سیستم پنج

جدول ۲- نتایج حاصل از شمارش کانی‌ها و خرده سنگ‌ها

نمونه	خاکدانه ها و قلوه های رسی	کلسیت و قلوه های آهکی	دولومیت	شیل	شیل تیره	ماسه سنگ	کوارتز
1	75	17	2	2	-	4	-
2	18	65	3	2	-	5	7
3	40	39	-	10	3	5	3
4	65	33	-	-	-	-	2
5	12	31	-	40	2	8	7

جدول ۳- اندیس فرسایش واحدها در زیرحوضه روستا

واحد سنگ‌شناسی	C_m^I	D^{kh}	Gb	J^I_{γ}	$s.sh Jsl$	$ml K_{ul}$	O^{sch}	P_d^I	Pr	Qlc	Qal
اندیس فرسایش	4.11	30.88	0.00	11.42	511.85	279.86	0.00	78.90	404.82	0.00	419.24
اندیس فرسایش پس از اعمال ضریب بار معلق	4.11	46.32	0.00	11.42	767.77	489.75	0.00	78.90	404.82	0.00	838.47

جدول ۴- اندیس فرسایش واحدها در زیرحوضه تولبته

واحد سنگ‌شناسی	C_m^I	D^{kh}	J^I_{γ}	$s.sh Jsl$	$ml K_{ul}$	O^{sch}	P_d^I	Pr	Qal
اندیس فرسایش	792.95	10.43	76.12	90.94	97.93	0.00	32.23	1218.90	1088.90
اندیس فرسایش پس از اعمال ضریب بار معلق	792.95	15.65	76.12	136.41	171.37	0.00	32.23	2133.07	2176.37

جدول ۵- اندیس فرسایش واحدها در زیرحوضه آبشار

واحد سنگ‌شناسی	D^{kh}	$s.sh Jsl$	$ml K_{ul}$	P_d^I	Qal
اندیس فرسایش	7.94	280.24	38.83	47.32	3513.76
اندیس فرسایش پس از اعمال ضریب بار معلق	11.91	420.36	67.95	32.47	7027.53

جدول ۶- عدد کل اندیس فرسایش در کل حوضه

واحد سنگ‌شناسی	C_m^I	D^{kh}	Gb	J^I_{γ}	$s.sh Jsl$	$ml K_{ul}$	O^{sch}	P_d^I	Pr	Qlc	Qal
عدد کل اندیس	265.69	24.63	0.00	29.18	441.52	243.03	0.00	81.20	845.96	0.00	3347.76
درصد مساحت	2.24	0.07	11.55	12.36	20.62	0.37	9.07	12.5	15.86	15.08	0.28
اندیس فرسایش پس از اعمال ضریب بار معلق	265.69	94.86	0.00	43.77	662.28	243.03	0.00	81.20	845.96	0.00	6694.92

برای کلاس بندی عدد کل اندیس فرسایش از جدول ۷ استفاده شد [۶]. با توجه به عدد کل اندیس فرسایش و جدول ۱ واحدهای سنگی حوضه در کلاس های مختلف فرسایش به تفکیک سه زیرحوضه و کل حوضه طبقه بندی گردید که نتایج آن در جداول ۸ تا ۱۱ آمده است.

با توجه به عدد اندیس فرسایش در هر یک از زیرحوضه ها و کل حوضه و جداول ۷ تا ۱۱، نقشه حساسیت به فرسایش سازندهای سنگی حوضه تهیه شد (شکل ۲).

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق با استفاده از اندیس فرسایش، شاخصهای فرسایشی برای هر زیرحوضه، محاسبه گردید و در نهایت کلاسهای فرسایش سازندهای سنگی و نقشه مربوط تهیه شد. با توجه به نتایج به دست آمده (جدول ۸)، بالاترین میزان اندیس واحدهای فرسایشی در زیرحوضه تولبته، مربوطه سازند کواترنری می باشد که برابر با ۲۱۷۶/۳۷ به دست آمده است. با توجه به عدد اندیس به دست آمده سازند کواترنری در زیرحوضه تولبته در طبقه فرسایشی خیلی

جدول ۷- کلاس بندی استاندارد اندیس فرسایش

عدد کل اندیس فرسایش	<50	50-100	100-200	200-300	>300
کلاس	خیلی ضعیف	ضعیف	متوسط	شدید	خیلی شدید

جدول ۸- کلاس بندی حساسیت واحدها به فرسایش در زیرحوضه تولبته

واحد سنگ شناسی	C_m^1	D^{kh}	J_1^1	$s.sh Jsl$	$ml K_{ul}$	O^{sch}	P_d^1	Pr	Qal
اندیس فرسایش پس از اعمال ضریب بار معلق	792.95	15.65	76.12	136.41	171.37	0.00	32.23	2133.07	2176.27
کلاس فرسایش	خیلی شدید	خیلی ضعیف	متوسط	متوسط	متوسط	خیلی ضعیف	خیلی ضعیف	خیلی شدید	خیلی شدید

جدول ۹- کلاس بندی حساسیت واحدها به فرسایش در زیرحوضه آبشار

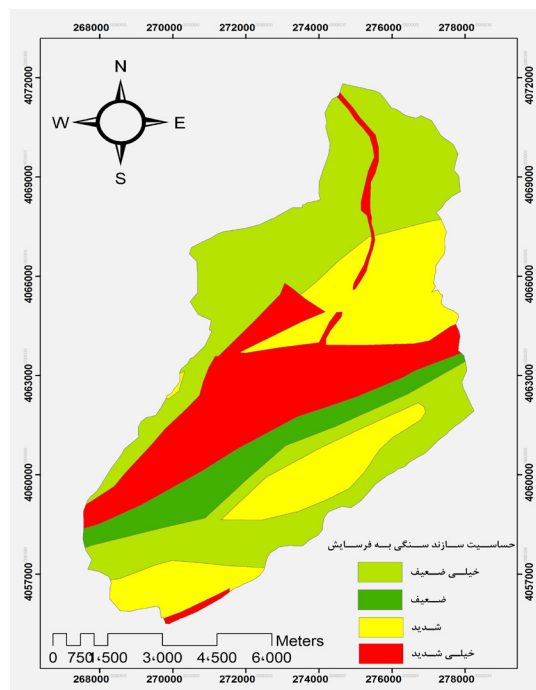
واحد سنگ شناسی	D^{kh}	$s.sh Jsl$	$ml K_{ul}$	P_d^1	Qal
اندیس فرسایش پس از اعمال ضریب بار معلق	11.91	420.36	67.95	32.47	7027.53
کلاس فرسایش	خیلی ضعیف	خیلی شدید	ضعیف	خیلی ضعیف	خیلی شدید

جدول ۱۰- کلاس بندی حساسیت واحدها به فرسایش در زیرحوضه روستا

واحد سنگ شناسی	C_m^1	D^{kh}	Gb	J_1^1	$s.sh Jsl$	$ml K_{ul}$	O^{sch}	P_d^1	Qlc	Qal
اندیس فرسایش پس از اعمال ضریب بار معلق	4.11	46.32	0.00	11.42	767.77	489.75	0.00	178.90	0.00	838.47
کلاس فرسایش	خیلی ضعیف	خیلی ضعیف	خیلی ضعیف	خیلی ضعیف	خیلی شدید	خیلی شدید	خیلی ضعیف	متوسط	خیلی ضعیف	خیلی شدید

جدول ۱۱- کلاس بندی حساسیت واحدها به فرسایش در کل حوضه

واحد سنگ شناسی	C_m^1	D^{kh}	Gb	J_1^1	$s.sh Jsl$	$ml K_{ul}$	O^{sch}	P_d^1	Pr	Qlc	Qal
عدد کل اندیس فرسایش	265.69	24.63	0.00	29.18	441.52	243.03	0.00	81.20	845.96	0.00	3347.46
کلاس فرسایش	شدید	خیلی ضعیف	خیلی ضعیف	خیلی ضعیف	خیلی شدید	شدید	خیلی ضعیف	ضعیف	خیلی شدید	خیلی ضعیف	خیلی شدید



شکل ۲- نقشه حساسیت به فرسایش سازندهای سنگی حوضه

تحقیق خود به بالا بودن سهم نهشته های کواترنری در تولید رسوب در حوضه آبخیز خیاوچای اردبیل اشاره کرده است، هم خوانی دارد. با توجه به نتایج به دست آمده علاوه بر سازند کواترنری، سازندهای روته و شمشک هم دارای فرسایش خیلی شدید می باشند. با توجه به نقشه حساسیت ب فرسایش حوضه اکثر مناطق حوضه دارای فرسایش نسبتاً شدیدی می باشند که وجود فرسایش های توده ای، لغزش های کم عمق کنار آبراهه ای و نیز حضور واریزه ها دلیل موجهی بر این موضوع می باشد که با یافته های نجفی نژاد و همکاران [۱۲] و غیائی [۱۰] که وجود لغزش های کم عمق کنار رودخانه ای را عامل تولید رسوب عنوان کرده اند، هم خوانی دارد. کاملاً مطابقت دارد. به طوریکه در هر دو مطالعه فرسایش های توده ای به ویژه لغزش های کم عمق کنار آبراهه ای نقش مهمی در تولید رسوب برای وقوع سیلاب واریزه ای دارد. در این راستا بازدهی های میدانی نیز صحت این موضوع را تأیید نمودند. با توجه به اطلاعات به دست آمده از اندیس فرسایش و محاسبه و طبقه بندی حساسیت واحدها، در تمام زیرحوضه ها، نهشته های رودخانه ای عصر حاضر که متعلق به سازند کواترنری می باشد در مرتبه ی خیلی شدید می باشد. هم چنین نتایج نهایی حساسیت واحدهای سنگی به فرسایش در کل حوضه ها در مرتبه ی خیلی شدید و متعلق به سازند روته (آهک متوسط با میان لایه مارن) می باشد. با توجه به نتایج، سازند خوش ییلاق در هر سه زیرحوضه دارای فرسایش خیلی ضعیف می باشد که این سازند شامل شیل خاکستری و تیره می باشد. هم چنین سازندهای پرکامبرین، لار، شیسست گرگان و لس همانند سازند خوش ییلاق دارای فرسایش خیلی ضعیف می باشند. نکته قابل توجه پایین بودن

شدید قرار گرفته است. علاوه بر سازند کواترنری، سازندهای روته و مبارک با اندیس فرسایش به ترتیب ۲۱۳۳/۰۷ و ۷۹۲/۹۵ در طبقه فرسایشی خیلی شدید قرار گرفته اند. با توجه به جدول (۹) در زیرحوضه آبشار هم سازند کواترنری با اندیس ۷۰۲۷/۵۳ بیشترین عدد اندیس فرسایش را به خود اختصاص داده است و در طبقه فرسایشی خیلی شدید قرار گرفته است. هم چنین در این زیرحوضه سازند شمشک هم با اندیس فرسایش ۴۲۰/۳۶ دارای فرسایش خیلی شدید می باشد. با توجه به جدول (۱۰) در زیرحوضه روستا سازند کواترنری با عدد اندیس فرسایش ۸۳۸/۴۷ فرسایش پذیرترین سازند در این زیرحوضه می باشد و دارای فرسایش خیلی شدید است. و سازندهای شمشک و کرتاسه فوقانی با اندیس به ترتیب ۷۶۷/۷۷ و ۴۸۹/۷۵ دارای فرسایش خیلی شدید می باشند. با توجه به جدول (۱۱) که حساسیت به فرسایش واحدها را در کل حوضه نشان می دهد، بیشترین میزان اندیس فرسایش در کل حوضه متعلق به سازند کواترنری (نهشته های رودخانه ای عصر حاضر) می باشد. این سازند علیرغم کمترین میزان مساحت، با اندیس فرسایش ۳۳۴۷/۴۶ اهمیت بالایی در تولید رسوب و بار معلق حوضه دارد و دارای فرسایش خیلی شدید می باشد. با توجه به نقشه زمین شناسی حوزه آبخیز زیارت (شکل ۱) نهشته های کواترنری در حاشیه آبراهه اصلی حوضه قرار گرفته اند و بار رسوبی زیادی را وارد رودخانه زیارت می کنند. نتایج به دست آمده با نتایج حیدری و همکاران [۵]، کارتر و همکاران [۱۴] و والینگ و همکاران [۲۱] که در تحقیقات آن ها حاشیه آبراهه اصلی منشأ اصلی تولید رسوب حوضه شناخته شده، هم خوانی دارد. هم چنین نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق غیائی [۱۰] که در

فرسایش در لس می باشد که دلیل این امر مساحت بسیار پایین این واحد (۰/۰۷ درصد حوضه) در حوضه است. در سال های اخیر حوزه ی آبخیز زیارت به دلیل موقعیت بیلاقی مناسب برای گردشگری، دستخوش تغییر و تحول قرار گرفته است. از آنجا که پوشش گیاهی این حوزه را غالباً جنگل تشکیل داده و در ارتفاع مناسب قرار گرفته است، در دهه ی اخیر روند تخریب جنگل و تبدیل جنگل ها به ویلا افزایش چشمگیری داشته است که به نوبه خود این تغییرات کاربری باعث افزایش فرسایش و تولید رسوب شده است. از طرف دیگر رودخانه ی زیارت به طول ۲۱ کیلومتر با توجه به اینکه ۲۰ تا ۳۰ درصد آب شرب گرگان را تأمین می کند، بار رسوبی بالای آن سالانه هزینه زیادی به تصفیه خانه های شهر وارد می کند. لذا لزوم شناسایی منابع اصلی و عمده تولید رسوب و تمرکز کارهای حفاظتی بر روی این منابع تولید رسوب، به شدت احساس می شود. حساسیت بالای سازندهای حوضه آبخیز زیارت از یک سو و عدم دیدگاه آمایش مدارانه در بهره برداری از منابع اکولوژیکی حوضه، باعث تشدید روند فرسایش و بار رسوبی حوضه شده است. ضروریست مسئولین مربوطه و سازمان های مردم نهاد به این مهم توجه نموده و با اقدامات جدی و برنامه ریزی شده مانع تخریب هرچه بیشتر و نابودی این گنجینه ی با ارزش طبیعی شوند.

منابع

۱. اسمعیلی، اباذر و عبداللهی، خدایار، آبخیزداری و حفاظت خاک، انتشارات دانشگاه اردبیل، ۱۳۹۰.
۲. پادیاب، محسن، فیض نیا، سادات، ۱۳۹۱. تعیین نقش سازندهای مختلف زمین شناسی حوزه آبخیز بالادست عرصه پخش سیلاب گچساران در تولید رسوب. نشریه مرتع و آبخیزداری، ۶۵ (۴): ۴۷۳-۴۸۲.
۳. حسامی، سید دانا، ۱۳۹۰. منشأیابی رسوبات وارده به دریاچه زریوار کردستان برای تعیین فرسایش پذیری و رسوب زایی سازندها. پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
۴. حکیم خانی، شاهرخ، احمدی، حسن، ۱۳۸۷. تعیین سهم زیرحوضه ها در تولید رسوب با استفاده از روش منشأیابی (مطالعه موردی: حوضه مرگن پلدشت، ماکو). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۵ (۱): ۱۸۱-۱۹۱.
۵. حیدری، ک.، نجفی نژاد، ع.، خرمالی، ف.، بابانژاد، م. ۱۳۹۲. تعیین سهم واحدهای کاری در تولید رسوب معلق با استفاده از روش منشأیابی رسوب (مطالعه موردی: آبخیز تولبته، استان گلستان). مجله پژوهش های فرسایش محیطی. شماره ۱۰، صفحات ۷۶-۶۵.
۶. خدابخشی، زینب، ارزانی، ناصر، عبداللهی، خدایار، داودیان، علیرضا، ۱۳۸۹. مطالعه فرسایش پذیری واحدهای سنگی و تولید رسوب با استفاده از مدل EPM به کمک GIS در بخشی از حوضه آبریز زاینده رود- حوضه حیدری در شمال شهرکرد.

- پژوهشهای چینه نگاری و رسوب شناسی، ۳۹ (۲): ۳۳-۴۸.
۷. شریفی، پیام. ۱۳۹۱. بررسی رسوبات پشت سازه های آبخیزداری برای تعیین فرسایش و رسوب حوزه آبخیز (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سد قشلاق سندج پارسل A). پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
 ۸. صمدی ارقینی، حجت اله. ۱۳۹۲. بررسی فرسایش پذیری حوزه آبخیز حسن ابدال زنجان به روش منشأیابی کمی رسوبات پشت سازه های آبخیزداری. پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
 ۹. عطاپورفرد، عباس و حکیم خانی، شاهرخ. ۱۳۸۲. تعیین سهم زیرحوضه های حوزه آبخیز چنداب در تولید رسوب با بکار گیری کانی های رسی. مجموعه مقالات سومین همایش آبخیزداری، دستاوردها و چشم اندازهای آینده، ارومیه، ۴-۵ شهریور، ۸۲-۷۴.
 ۱۰. غیاثی، سعید، ۱۳۹۴. بررسی خصوصیات رسوب شناسی و مکانیک خاک سیلاب واریزه ای و پهنه بندی خطر آن (مطالعه موردی: حوزه آبخیز خیابوچای مشگین شهر). پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تهران. ۱۸۳ص.
 ۱۱. فیض نیا، سادات. ۱۳۸۷. رسوب شناسی کاربردی با تاکید بر فرسایش خاک و تولید رسوب، انتشارات دانشکده علوم کشاورزی و منبع طبیعی گرگان، چاپ اول.
 ۱۲. نجفی نژاد، علی، فیض نیا، سادات، بنی حبیب، مجید، احمدی، حسن. و زکی خانی، سعید. ۱۳۸۶. ویژگی های رسوب شناسی سیلاب واریزه ای و مقایسه آن با منطقه منشأ در حوزه آبخیز زیارت گرگان، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۰ (۱)، ۴۵-۵۲.
 ۱۳. یمانی، مجتبی و ابراهیم خانی، نرگس، ۱۳۸۹. ارزیابی فرسایش پذیری سازندها از طریق رسوب شناسی آبرفت های معرف (مطالعه موردی: حوضه حاجی عرب در استان قزوین)، فصلنامه انجمن جغرافیای ایران، ۸ (۲۴).
 14. Carter, J., Owens, P.N., Walling, D.E., Leeks, G.J.L., 2003. Fingerprinting suspended sediment sources in a large urban river system, The Science of the Total Environment, v.314, p. 513-53.
 15. Collins, A.L., Walling D.E., 2004. Documenting catchment suspended sediment sources: problems, approaches and prospects, Progress in Physical Geography, 28:159-196.
 16. Collins, A. L., and Walling, D. E., 2002. Selecting fingerprinting properties for discriminating potential suspended sediment sources in river basins. Journal of Hydrology 261: 218-244.
 17. Edvrard, O., Poulenard, J., Némery, J., Ayrault, S., Gratiot, N., Duvert, C., Prat, C., Lefèvre, I., Bonté,

- Leeks, G. J. L., and Old, G., 2006. Establishing fine-grained sediment budgets for the Pang and Lambourn LOCAR catchments, UK. *Journal of Hydrology* 330: 126-141.
21. Walling, D.E., Collins, A.L., & Stroud, R.W., 2008. Tracing suspended sediment and particulate phosphorus sources in catchments, *Journal of Hydrology*, v. 350, p. 274-289.
- P. and Esteves, M. 2012. Tracing sediment sources in a tropical highland catchment of central Mexico by using conventional and alternative fingerprinting methods. *Hydrological processes* 27 (6), 911-922.
18. Klages M.G., Hsieh Y.P., 1975. Suspended solid carried by the Gallatin River of Southwestern Montana: II. Using mineralogy for inferring sources, *Journal of Environmental Quality*, 4: 68-73.
19. Lindsey, D., William H., Langer and Bradley S. Van Gosen, 2007. Using pebble lithology and roundness to interpret gravel provenance in piedmont fluvial system of the Rocky Mountains, USA, *sediment Geology* 199: 223-232.
20. Walling, D. E., Collins, A. L., Jones, P. A., and

**Abstract****Investigation of susceptibility to erosion of rock formations using erosion index in Ziarat watershed**M. Samadi^{1*}, A. Kornejady² and S. Jalali³

Received: 2015/11/25 Accepted: 2017/02/27

Soil erosion is one of the major current environmental issues. Identification of main erosion sources can be a suitable answer to this issue and an appropriate preliminary assessment for further soil erosion prevention measures. In order to reduce anticipated loss to downstream facilities and farmlands in the Ziarat watershed, the relationship between channel sediments and upstream lithological units as sediment sources was assessed employing erosion index. The aim of the current study is to find lithological sources of channel sediment materials and accordingly to determine the contribution of each lithological unit in erosion process. To this end, first, sediment samples were collected through field surveys and then sieved. After that, 100 sediment grains (particles) were picked from each sample to identify mineral properties using binocular method. After measuring three mineral properties namely genus, the number of minerals and grains, the corresponding source units were identified, then the erosion index for each unit was calculated and finally the susceptibility of lithological units to erosion was mapped. Accordingly, the study area were classified into four susceptible classes including very highly susceptible to erosion with an area of 23.23%, followed by highly susceptible (24.05%), lowly susceptible (9.07) and very lowly susceptible (43.65) areas.

Keywords: *Granulometry, Sediment Yield, Lithology, Formation Erodibility*

1. PhD student of watershed management science and engineering, Gorgan university of agricultural science and natural resources, Gorgan, Iran, Corresponding Author, Email: Meisamadi68@gmail.com.

2. PhD student of watershed management science and engineering, Gorgan university of agricultural science and natural resources, Gorgan, Iran

3. MSc Graduated in Geomorphology, Tehran, Shahid Beheshti University.