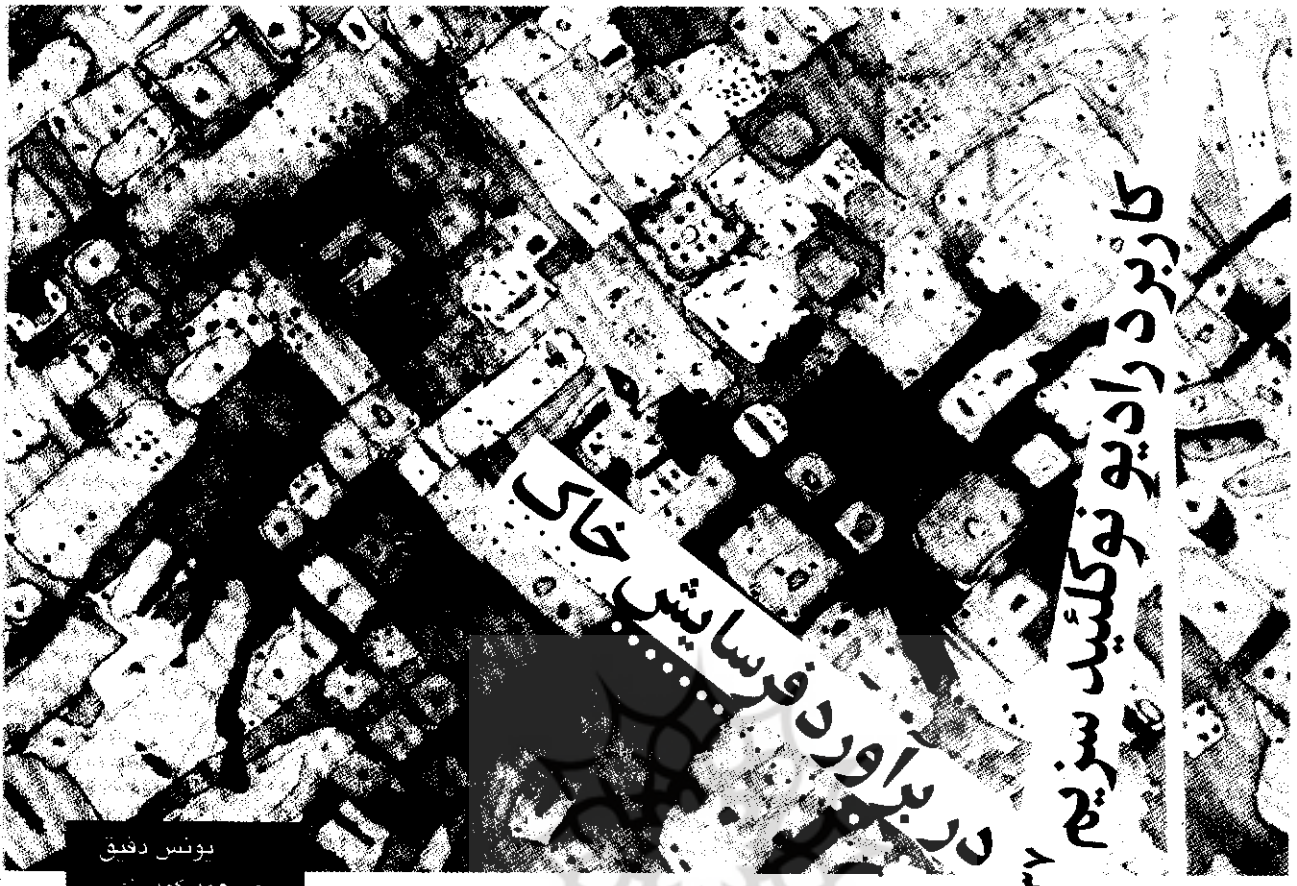


کاربرد رادیو نوکلئید بسزیم ۱۳۷ در بررسی فرسایش خاک

یونس دقیق
مسعود کودرزی

چکیده

تردیدی نیست که قدیمی‌ترین جوامع بشری از راه کشاورزی و دامداری زندگی می‌کردند، ولی اکثر این جوامع به دلیل ناآگاهی از رفتارهای مناسب و بهینه در بهره‌برداری از منابع خاک و آب، و پوشش گیاهی، بستر حیات جامعه‌ی خود را نابود کرده‌اند. صحرای سینا که امروزه به صورت دشتی لخت و بی‌آب و علف مشاهده می‌شود، یکی از مثال‌های مشخص در این زمینه است. قوم «مایا» به دلیل بی‌حرمتی به آب و خاک به نحو صحیح و مطلوب برخورد نمی‌شود؛ باقی مانده است. امروزه نیز در بسیاری از نقاط جهان با منابع آب و خاک به نحو صحیح و مطلوب برخورد نمی‌شود؛ به طوری که سالانه میلیون‌ها هکتار از اراضی، کیفیت خود را از دست می‌دهند و پوشش گیاهی با روند سریعی نابود می‌شود.

افزون بر این، خاک و هوا روزبه‌روز آلوده‌تر می‌شود و محیط زیست و بالاخره تعادل اکوسیستم در سطح جهان به هم می‌خورد. براساس آمار «سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد» (فائو)، از مجموع زمین‌های قابل استفاده‌ی کشاورزی در جهان، حدود ۲۱ درصد اراضی در خاور دور، ۲۷ درصد در خاور نزدیک، ۷۰ درصد در آفریقا و ۷۵ درصد در آمریکای لاتین بدون استفاده مانده‌اند. همچنین، گسترش مناطق بیابانی، پیشروی کویرها، تشدید فرسایش‌های آبی و بادی، شور و قلیایی شدن اراضی، و باتلاقی شدن آن‌ها نیز سطوح مورد استفاده‌ی کشاورزی در جهان را تهدید می‌کند و از کمیت و کیفیت بهره‌دهی آن‌ها می‌کاهد. فرسایش خاک و نهشته شدن مواد رسوبی در اراضی پائین‌دست و دشت‌های سیلابی، و نیز پشت سدهای مخزنی و تأسیسات ارزشمند آبی، یکی از مشکلات بزرگ کشورهای جهان در بهره‌وری بهینه از منابع آب و خاک را تشکیل می‌دهد.

برای آگاهی از مقدار و سرعت فرسایش خاک در یک عرصه، لازم است با به کارگیری تمهیداتی، مقدار و سرعت فرسایش خاک را اندازه‌گیری و یا برآورد کرد. تاکنون برای انجام این کار روش‌های متعددی پیشنهاد شده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. یکی از جدیدترین این روش‌ها، روش استفاده از «رادیو نوکلئید سزیم[۱۳۷]» است. در این مقاله سعی شده است، ضمن معرفی این روش، نتایج حاصله از کاربرد آن در چند منطقه به طور مختصر ارائه شود و درخصوص امکان استفاده از این روش در ایران مطالبی ارائه شود.

مقدمه

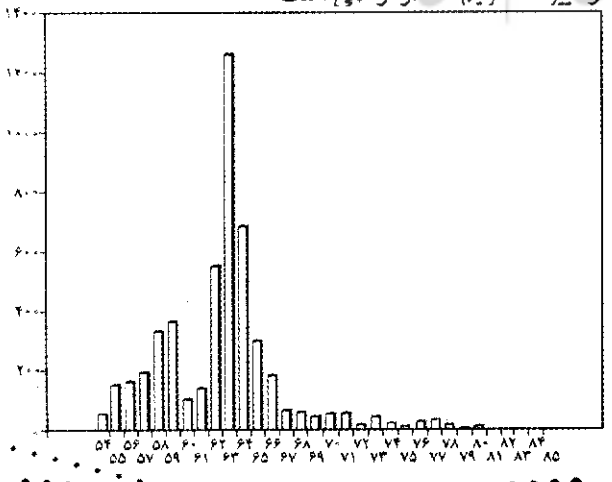
خاک یکی از اصلی‌ترین سرمایه‌های ملّی هر کشور است که باید تدابیر جدی برای حفظ و نگهداری، احیا و استفاده‌ی بهینه از آن اتخاذ شود. در چند دهه‌ی گذشته، فرسایش سطحی موجب بروز مشکلات آشکار و پنهان زیادی شده است. به منظور جلوگیری از چنین روند تخریبی، نیازمند برنامه‌ریزی هستیم. نخستین گام برنامه‌ریزی، تعیین دقیق میزان فرسایش است تا بر پایه‌ی آن، اقدامات لازم برای اصلاح وضعیت صورت گیرد. یکی از دقیق‌ترین روش‌های برآورد میزان فرسایش، استفاده از رادیونوکلوئیدهاست. سزیم[۱۳۷]، از جمله عناصر رادیواکتیوی است که برای ردیابی فرسایش، اخیراً در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پیشینه‌ی تحقیق

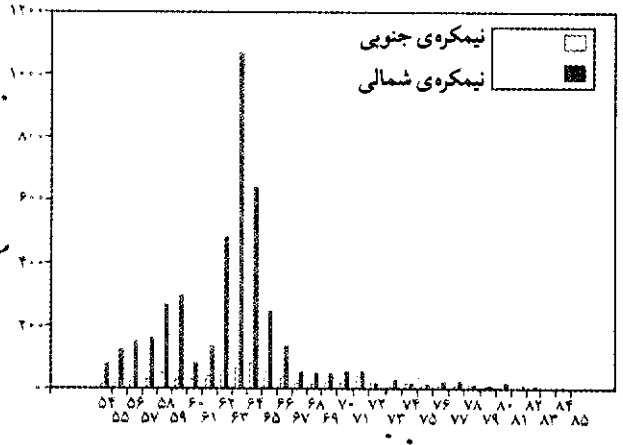
منزل، در سال ۱۹۶۰ نشان داد که از دست رفتن Sr^{90} در یک رویه‌ی فرسایشی، با فرسایش خاک دارای رابطه‌ی معنی‌دار است. در همین سال، **رورا**[۱] مقاله‌ای در مورد تجمع مواد رادیو اکتیویته در دریاچه‌ای در کشور ایتالیا منتشر کرد. درسال ۱۹۶۷، **کاریگان**[۲] و **پیکرینگ**[۳] در ارتباط با نحوه‌ی تجمع سزیم[۱۳۷]، با استفاده از اشعه‌ی گاما و بتا در برش خاک، مطالعاتی انجام دادند. در اوایل دهه‌ی ۷۰ میلادی، مطالعات مستقل دیگری توسط **ریچی**[۴] و همکارانش در ایالات متحده، و **پرمازی**[۵] و همکارانش در ایتالیا، **کریش ناوامی**[۶] در سوئیس، **پنینگتن**[۷] و همکارانش در انگلستان، و نهایتاً **استیلر** و **آسف**[۸] انجام شد که تمامی مطالعات مذکور مؤید این واقعیت بودند که توزیع عمودی سزیم[۱۳۷] در رسوبات نمی‌تواند با زمان توزیع سزیم[۱۳۷] وارده از اتمسفر باشد و بنابراین، استنباطی از وقایع تاریخی گذشته براساس اطلاعات زمین‌شناسی برای پروفیل‌های رسوبی به دست آمد. این مطالعات، مقادیر تجمع رسوبات و شکل‌های توزیع آن‌ها را با استفاده از اندازه‌گیری سزیم[۱۳۷] در پروفیل‌های رسوبی مورد بررسی قرار دادند. در دهه‌های ۸۰ و ۹۰ میلادی، با شناخته‌تر شدن این روش، مطالعات بی‌شماری در این زمینه در مناطق گوناگون دنیا انجام شد که به دلیل تعدد، ذکر آن‌ها در این مجمل مقدور نیست.

مواد و روش‌ها

از آن‌جا که هرگونه استفاده از این تکنیک در محاسبات میزان فرسایش نیازمند آشنایی با برخی واحدها و اصطلاحات خاص است، درنتیجه ابتدا به طور خلاصه در این مورد توضیحاتی ارائه می‌شود. همان‌گونه که می‌دانیم، عناصر رادیواکتیو به طور خودبه‌خود تجزیه، و به عنصر دیگری تبدیل می‌شوند. این فرایند طبیعی به پخش ذرات هسته‌ای و یا تشعشع منجر می‌شود. کمیتی که غالباً برای مشخص کردن یک عنصر رادیواکتیو به کار می‌رود، زمان نیمه عمر آن است که به صورت زمان لازم برای مقدار معینی از عنصر رادیواکتیو، برای فروپاشی به میزان نصف مقدار آن تعریف می‌شود. واحدهای رادیواکتیویته، کوری (Ci)، بکرل (Bq) و رادفورد (Rd) هستند. سزیم[۱۳۷] یکی از رادیو ایزوتوپ‌های سزیم است که نیمه عمری در حدود ۳۰/۱۷ سال دارد. به دلیل همین نیمه عمر کوتاه (در مقیاس زمین‌شناسی) هیچ گونه سزیم[۱۳۷] طبیعی قابل اندازه‌گیری در طبیعت وجود ندارد و درنتیجه، سزیم[۱۳۷] موجود در طبیعت، حاصل آزمایش‌های اتمی (تا سال ۱۹۷۰) و انفجار مرکز هسته‌ای چرنوبیل (سال ۱۹۸۶) است. انفجارهای اتمی موجب ورود سزیم[۱۳۷] حاصل از این آزمایش‌ها به لایه‌ی استراتوسفر و سپس توزیع لایه به لایه تا تروپوسفر و نهایتاً ورود به پهنه‌ی اراضی از طریق نزولات آسمانی شد. شکل ۱ به توزیع رادیوایزوتوپ سزیم تا سال ۱۹۸۵ اختصاص دارد. شکل ۲ مقایسه‌ای از مقادیر نسبی سزیم[۱۳۷] را در نیم‌کره‌های شمالی و جنوبی نشان می‌دهد. همچنین، شکل ۳، شمایی ازتغییرات سزیم[۱۳۷] در اراضی است



شکل ۱. تغییرات سالانه‌ی ورود سزیم[۱۳۷] براساس اطلاعات Milford Haven [walling, 1993]



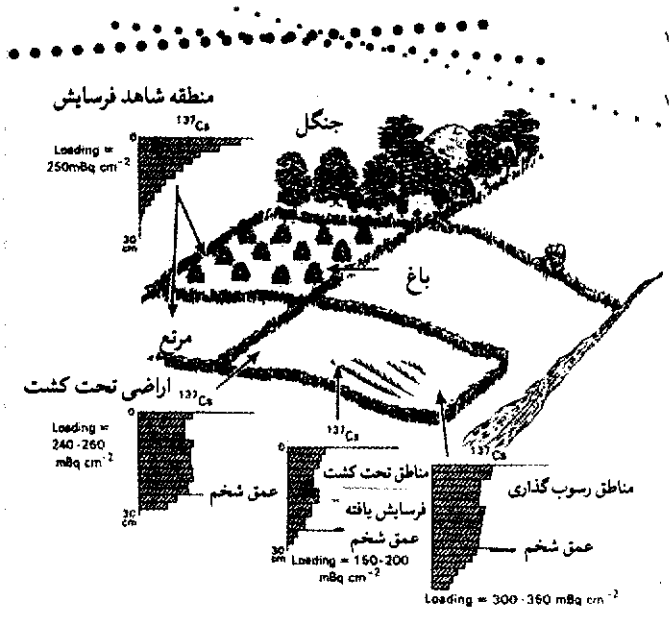
شکل ۲ . مقایسه‌ی نسبی مقادیر سزیم[۱۳۷] وارد شده در طبیعت در نیم کره‌های شمالی و جنوبی (Milford Haven/ USA-Adelide/Brisband)

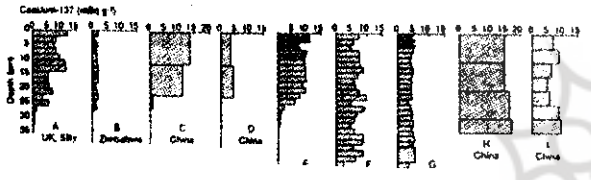
آزمایش‌های گوناگون نشان می‌دهند، هنگامی که سزیم[۱۳۷] از طریق نزولات آسمانی به سطح خاک می‌رسد، به شدت جذب ذرات خاک می‌شود و قدرت چسبندگی به شکلی است که انتقال آن به طبقات پائین‌تر خاک تحت تأثیر واکنش‌های فیزیکوشیمیایی، بسیار ناچیز می‌باشد. علت چسبندگی این عنصر به خاک آن است که خاک‌ها مقادیر متغیری از رس، هوموس و مواد آلی دارند و این مواد در لایه‌ی خارجی خود دارای بار منفی هستند. این بار منفی موجب جذب کاتیون‌های متفاوت روی این لایه‌ی متغیر می‌شود. هنگامی که سزیم[۱۳۷] وارد خاک می‌شود و روی این نقاط تبادلی کلوئیدها قرار می‌گیرد، به هیچ‌وجه قابل جدا شدن نیست. با توجه به آنچه ذکر شد، فرض اساسی در این روش بررسی این است که وقتی ذرات خاک از بستر جدا می‌شوند و انتقال می‌یابند، همراه با خود عنصر را نیز انتقال می‌دهند. آزمایش‌های متفاوت مؤید این واقعیت است که جابه‌جایی و انتقال سزیم، به‌جز از طریق فرسایش و همراه با خاکدانه‌ها، امکانپذیر نیست.

علت انتخاب سزیم[۱۳۷] به عنوان ماده‌ی ردیاب برای اندازه‌گیری فرسایش چیست؟

سزیم[۱۳۷] دارای خواص منحصر به فردی است که به عنوان یک ابزار مناسب برای ردیابی و اندازه‌گیری فرسایش، این عنصر را از دیگر عناصر متمایز می‌کند. مهم‌ترین وجه تمایزش این است که به طور طبیعی در محیط وجود ندارد و بنابراین، از هنگام ورود آن به طبیعت تا به حال می‌تواند به عنوان سال پایه برای اندازه‌گیری مورداستفاده قرارگیرد[Wis,1980; Walling et al, 1986].

علت دیگر انتخاب این عنصر در این گونه تحقیقات، توزیع و گستردگی آن در تمام مناطق جهان است. همچنین، قابلیت بسیار زیاد در جذب سطحی توسط کلوئیدهای هوموسی و رسی،





شکل ۳ . طرح شماتیک تغییرات سزیم[۱۳۷] در اراضی و بهره‌برداری متفاوت به همراه ذکر مقادیر سزیم در هریک به تفکیک [نقل از: Walling, 1993].

از دیگر مشخصات ویژه و دلیل انتخاب آن محسوب می‌شود. قابلیت دیگر این عنصر آن است که از خود اشعه‌ی گاما منتشر می‌کند و به همین دلیل، اندازه‌گیری آن بسیار ساده است. همچنین، سرعت و دقت اندازه‌گیری آن نیز قابل ملاحظه است؛ مضافاً به این که دارای نیمه عمر ۳۰/۱۷ سال است. این موضوع در تعیین زمان رسوبگذاری بسیار اهمیت دارد. این درحالی است که دیگر عناصر رادیوایزوتوپ یا دارای نیمه عمری چنان طولانی هستند که امکان ردیابی وجود ندارد و یا چنان عمر کوتاهی دارند که زمان برای انجام تحقیقات کافی نخواهد بود.

اولین قدم در استفاده از این تکنیک، محاسبه‌ی مقدار درصد سزیم باقیمانده در خاک نسبت به مقدار موجود در نقاط شاهد فرسایش نیافته است. برای این امر از رابطه‌ی زیر استفاده می‌شود:

$$CPR = \{(CPI - CRI)100\} / CRI$$

که در آن: CPR درصد سزیم[۱۳۷] باقیمانده در برش خاک، CPI مقدار سزیم[۱۳۷] در نقاط مورد مطالعه، و CRI مقدار سزیم[۱۳۷] در نقاط شاهد فرسایش نیافته است.

نکته‌ی مهم، کالیبراسیون و یا واسنجی است که برای این امر،

روش‌های متفاوت و روابط تجربی ارائه شده است. از این میان، معادله‌ی **ریچی** و همکارانش، معادله‌ی **کمپ‌بل** و همکارانش، معادله‌ی **لوگران** و همکارانش، معادله‌ی **ویلکین و هبل**، و روش **میشل** و همکارانش، و نیز روش **زانگ** را می‌توان نام برد. در ایران، آزمایشگاه فیزیک «سازمان انرژی اتمی» بیش‌تر از روش زانگ استفاده می‌کند. در این مقاله، به دلیل گستردگی کار و نیز محدودیت صفحات اختصاص یافته، امکان ارائه‌ی توضیح کامل وجود ندارد و تنها روش شناسانده می‌شود. این تحقیق در کشور ما بسیار جوان و جدید است و تعداد تحقیقات انجام شده در این زمینه، به تعداد انگشتان دست هم نمی‌رسد. درنتیجه لازم است مورد توجه بیش‌تری قرار گیرد و از امکانات فراهم شده توسط دانش بشری، در کشور ما هم بهره‌گیری بیش‌تری به عمل آید تا بتوانیم، با اطمینان و دقت بیش‌تری میزان فرسایش سطحی کشور را تخمین بزنیم. به هرحال، نگارندگان مقاله آمادگی کامل دارند، اطلاعات مختصر خود را در اختیار علاقه‌مندان قرار دهند.

قابلیت‌ها و محدودیت‌های روش

الف) قابلیت‌ها

۱. این روش یک روش محاسباتی برای فرسایش و رسوب است و به هیچ‌وجه روشی برآوردی نیست.

۲. قابلیت بیان تمامی فرایندهای انتقال خاک را دارد.

۳. مقدار فرسایش را در یک دوره‌ی ۴۰ـ۳۵ ساله نشان می‌دهد.

۴. از سرعت و دقت بسیار بالایی برخوردار است.

۵. به خبرگی کارشناس بستگی ندارد و حتی یک تکنسین با آموزش مختصر می‌تواند نمونه‌ها را برداشت کند.

۶. نیمه عمر سزیم [۱۳۷] دارای دقت لازم برای تعیین دوره‌ی زمانی فرسایش است.

۷. قابلیت تهیه‌ی نقشه‌ی فرسایش و رسوب، با دقت مناسب با استفاده از این روش وجود دارد.

ب) محدودیت‌ها

۱. قابل انجام در حوضه‌های کوچک است و در حوضه‌های بزرگ توجیه اقتصادی ندارد.

۲. مبتنی بر ضایعات آزمایش‌های هسته‌ای است و اگر مواردی نظیر حادثه‌ی چرنوبیل در سطح گسترده‌ای اتفاق بیفتد، با اشکال مواجه خواهد شد.

۳. آزمایش‌های تجزیه خاک برای تعیین مقدار سزیم [۱۳۷] در ایران محدود به سازمان انرژی اتمی است و هزینه‌ی انجام آزمایش‌های نسبتاً گران است.

۴. برای فرسایش‌های غیرسطحی از قابلیت لازم برخوردار نیست.

پیشنهادها

از آن‌جا که این مطالعه همانند سایر روش‌های دیگر، دارای نقاط ضعف و قوت مخصوص به خود است، ضرورت دارد با انجام آزمایش‌های متعدد و مقایسه و ارزیابی آن‌ها، نقاط ضعف را کاهش داد. درنتیجه پیشنهاد می‌شود:

۱. در قالب یک طرح ملی، با چندین زیرپروژه و یا در قالب رساله‌های تحقیقاتی فوق‌لیسانس و دکترا، مناطق گوناگون زراعی و غیرزراعی با این روش از نظر وضعیت فرسایش سطحی مورد مطالعه قرار گیرد و نتایج حاصله از آن، با سایر روش‌های معمول مقایسه شود.

۲. در قالب همکاری‌های بین سازمانی، هزینه‌های آزمایش‌ها کاهش یابد و امکان دسترسی همه‌ی محققان به آزمایشگاه‌های مربوطه فراهم آید تا امکان بهره‌گیری بهتر از روش‌های جدید و به روز برای محققان کشور ما هم مهیا شود.

* استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات و حفاظت خاک و آب خیزداری کشور
** عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آب خیزداری کشور

زیرنویس

1. Rovora
2. Carrigun
3. Pickerring
4. Ritchi
5. Permazzi
6. Krish Navami
7. Penington
8. Stiller & Assuf

منابع

۱. آرنیکا، اچ، جی (۱۳۷۰). اصول و مبانی شیمی هسته‌ای. ترجمه‌ی محمد قنادی. انتشارات سازمان انرژی اتمی ایران. تهران.

۲. اسکندری، ذ. استفاده از سزیم [۱۳۷] در براورد فرسایش سطحی در استان اصفهان. طرح تحقیقاتی، مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام اصفهان (در دست انتشار).

۳. حاجی بیگلوم (۱۳۷۰). براورد رسوب از طریق فرمول‌های تجربی در حوضه‌ی سفیدرود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده‌ی منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۴. یوسف کلافی، س (۱۳۷۳). اندازه‌گیری فرسایش سطحی با استفاده از سزیم [۱۳۷]. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس. تهران.

5. Environmental isotope studies: Asian Campbell et al. (1987). Erosion studies in drainage basins using cesium 137-passific regions.

6. Ritchi, J. C., J. R. Mchenry (1990). application of radioactive fallout cesium 137 for measuring soil erosion and sediment accumulation rates and patterns.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی