

## مطالعه تأثیرات واحد های ژئومورفولوژی در میزان فرسایش و رسوب به کمک سزیم رادیواکتیو در یک لنداسکیپ حوضه آبخیز گرگ

ناصر هنرجو<sup>۱</sup>، عباس علیمحمدی<sup>۲</sup>، امیر حسین چرخابی<sup>۳</sup>، شهلا محمودی<sup>۴</sup> و احمد جلالیان<sup>۵</sup>

۱- استادیار گروه خاکشناسی - دانشکده کشاورزی - دانشگاه آزاد خوراسکان - اصفهان (nhonarjoo@khuisf.ac.ir)

۲- استادیار گروه سنجش از دور - دانشکده نقشه برداری - دانشگاه خواجه نصیر طوسی - تهران

۳- استادیار پژوهش مرکز تحقیقات آبخیزداری - تهران

۴- استاد بازنشسته گروه خاکشناسی - دانشکده کشاورزی - دانشگاه تهران

۵- استاد گروه خاکشناسی - دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۸۵/۹/۲۸ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۱/۱۴

### چکیده

حوضه آبخیز گرگ از زیر حوضه های کارون شمالی، در غرب شهرکرد واقع شده و دارای شرایط طبیعی بسیار حساس به فرسایش می باشد. در این تحقیق پس از جداسازی لندفرم های مختلف حوضه به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>۱</sup> دو هیل اسلوپ<sup>۲</sup> در دو جهت جنوبی و شمالی در حوضه مزبور انتخاب گردید و بر روی هر کدام یک ترانسکت از بالای شیب بطرف پایین شیب تعیین و در داخل لندفرم های مختلف موجود در هر ترانسکت مطالعات ژنز خاک صورت پذیرفت. مطالعات فرسایش آبی در این دو ترانسکت نیز در هر لندفرم با استفاده از سزیم رادیواکتیو انجام و ارتباط بین نوع و شدت فرسایش و رسوب در لندفرم های مختلف مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار فرسایش در بالای شیب یعنی لندفرم شانیه شیب صورت گرفته است. مقدار فرسایش در این لندفرم حدود ۱۹/۵ تن در هکتار در سال برآورد گردید. پس از آن در شیب میانی لنداسکیپ، لندفرم پشت شیب دارای مقدار فرسایش کمتری بوده است (۱۲/۱ تن در هکتار در سال). لندفرم پای شیب دارای مقدار ۴/۷ تن در هکتار در سال افزایش در چهل سال گذشته بوده است.

کلید واژه ها: ژئومورفولوژی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، لندفرم، فرسایش خاک، سزیم - ۱۳۷، عنصر نشاندار، ریزش سزیم رادیواکتیو

### مقدمه

تخریب اکوسیستم های طبیعی و کشاورزی می شود (۱۶). فرسایش به انواع سطحی، پاشمانی، بین شیاری، شیاری و گالی تقسیم بندی می شود (۱۲). تاثیر متقابل چهار عامل اصلی اقلیم، توپوگرافی، پوشش گیاهی و خاک تعیین کننده مقدار فرسایش در یک منطقه است (۲۳). این عوامل را می توان به عوامل فرعی دیگری مثل شدت بارندگی و طول بارندگی، زاویه شیب و طول شیب، نوع پوشش گیاهی و تراکم آن، نوع خاک و مقدار رطوبت اولیه

فرسایش و رسوب تحولاتی طبیعی هستند که باعث شکل گرفتن سطح زمین می گردند اما این تحولات بواسطه فعالیت های بشری همچون تخریب جنگل ها، چرای بیرویه دام، و عملیات زراعی نامناسب تشدید می شود و به جهت تأثیرات منفی بزرگی که بر توسعه پایدار می گذارد لازم است حدود، مقادیر و شدت واقعی و همچنین تأثیرات اقتصادی و زیست محیطی آن بصورت کمی مشخص گردد (۲۹). این پدیده با کاهش حاصلخیزی و تنوع زیستی و میکروارگانیسم ها باعث

1- Geographic Information System (GIS)

2- Hillslope



آن تقسیم نمود. فرسایش آبی عبارت از جدایی و جابجایی ذرات خاک توسط قطرات باران و رواناب می باشد. مکانیسم اصلی در جدا شدن ذرات خاک شامل فاصله گرفتن این ذرات از هم در اثر وارفتن<sup>۱</sup>، شکاف برداشتن<sup>۲</sup>، پراکنده شدن<sup>۳</sup> و نیروی برشی<sup>۴</sup> می باشد که توسط ضربات باران یا رواناب بر خاک وارد می شود. در اثر خیس شدن ناگهانی خاکدانه، هوای داخل آن محبوس شده و فشار هوای محبوس شده باعث وارفتن خاکدانه می گردد. خیس شدن باعث انبساط و انقباض خاکدانه و ایجاد شکاف در آن ها و نیز کاهش نیروی چسبندگی بین ذرات کلوییدی و پراکنندگی<sup>۵</sup> آنها می گردد (۱۴). برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مانند اندازه ذرات، اندازه و ثبات خاکدانه ها، نفوذپذیری، میزان مواد آلی، قلیائیت و غیره از طریق تاثیر بر قابلیت جدا شدن و انتقال خاک بر فرسایش مؤثر هستند (۲۳). ریچی و همکاران<sup>۶</sup> (۱۹) در مطالعات خود بر یک لنداسکیپ دریافتند که در اراضی بالادست همبستگی قوی بین مقدار خاک جابجا شده با مقدار مواد آلی خاک وجود دارد بطوری که با افزایش شیب مقدار فرسایش خاک زیادتر شده و مقدار مواد آلی خاک کاهش یافته است و در خاک های شیب های مقعر مقادیر بیشتری مواد آلی نسبت به شیب های محدب وجود داشته است.

چاپلوت و همکاران<sup>۷</sup> (۷) در مطالعه تاثیر شیب بر میزان فرسایش خاک در اراضی که مواد مادری یکسان و اقلیم مشابه داشتند مشاهده کردند که میزان فرسایش خطی (شیاری و گالی) در هر نقطه بستگی به توپوگرافی و نوع کاربری اراضی دارد.

- 1- Slaking
- 2- Cracking
- 3- Dispersion
- 4- Shearing
- 5- Dispersion
- 6- Ritchie et al.
- 7- Chaplot et al.

پنوک و دی جانگ<sup>۸</sup> (۱۵) در مطالعه میزان فرسایش و رسوب در یک ترانسکت تپه ماهوری در کانادا مشاهده کردند که بین میزان فرسایش و رسوب در انواع لندفرم های خاک، به لحاظ آماری تفاوت کافی وجود دارد. در این مطالعه میزان هدررفت خاک محاسبه شده از معادله جهانی فرسایش ۲ تا ۹ برابر کمتر از مقدار فرسایش اندازه گیری شده به روش سزیم-۱۳۷ بدست آمد. علت این موضوع را این محققین در این دانستند که روش معادله جهانی فرسایش فقط میزان فرسایش آبی را در یک منطقه می تواند برآورد کند در حالی که روش سزیم رادیواکتیو، کل فرسایش خاک شامل فرسایش آبی، فرسایش بادی و فرسایش حاصل از شخم و شیار را مشخص می کند. برای برآورد مقدار فرسایش و رسوب روش های متفاوتی در نقاط مختلف دنیا مورد استفاده قرار گرفته است. از جمله این روش ها استفاده از عنصر رادیو اکتیو سزیم-۱۳۷ می باشد. سزیم یک فلز قلیایی با خصوصیات شیمیایی مشابه سدیم، پتاسیم و دیگر عناصر گروه I در جدول تناوبی است (۲۵). سزیم-۱۳۷ منبع طبیعی نداشته و حاصل ریزش از آزمایشات اتمی انجام شده در فضا در دهه ۱۹۵۰ و اوایل ۱۹۶۰ می باشد. اولین آزمایشاتی که سزیم را بطور وسیعی در سرتاسر زمین پراکنده کرد در نوامبر سال ۱۹۵۲ بود. در این آزمایشات سزیم در استراتوسفر موجود در اطراف کره زمین پراکنده گردید و از آنجا به تراتوسفر برگشت و انتقال آن به سطح زمین بستگی زیادی به مقدار و شدت بارندگی هر منطقه دارد (۲۱). نیمه عمر این عنصر رادیواکتیو ۳۰/۲ سال بوده، جذب آن توسط گیاهان بسیار جزیی و قابل چشم پوشی می باشد آبشویی آن اندک بوده و پس از ریزش از جو، به شدت جذب ذرات کلوییدی رس و مواد آلی خاک گردیده، و با این ذرات قویاً تشکیل



شدت فرسایش و رسوب، سازمان بین المللی انرژی اتمی<sup>۱</sup> در سال ۱۹۹۵ دو تشکیلات بین المللی شامل ۲۵ محقق را در سرتاسر جهان سازماندهی کرد تا ضمن مطالعه بر روی سزیم رادیواکتیو اصلاحاتی در روش های استفاده از آن در کشاورزی و محیط زیست ارائه دهند (۲۹).

والبرینک و همکاران<sup>۲</sup> (۲۵) در مطالعاتشان تغییرات سزیم در پروفیل خاک در واحد های مختلف اراضی در دره دولگایا در روسیه را مورد مطالعه قرار دادند. این محققین مشاهده کردند که بیشترین مقدار سزیم در ۱۰ سانتی متر خاک سطحی وجود دارد و با افزایش عمق مقدار سزیم در خاک کاهش می یابد. کل مقدار سزیم اندازه گیری شده در یک پروفیل بهم نخورده و پایدار به مقدار سزیم مرجع نزدیک بوده و نشاندهنده عدم وجود فرسایش در این خاک بوده است. در پروفیل دیگری افزایش حدود ۲۰ درصد در مقدار سزیم و نیز افزایش عمق تجمع سزیم (حدود ۱۰ سانتی متر) نسبت به نقاط مرجع نشان میداد که خاکی با مقادیر زیاد سزیم رادیواکتیو تدریجاً در این محل تجمع یافته است. وان دن بای گارت<sup>۳</sup> (۲۴) در بررسی تغییرات کربن آلی خاک و میزان فرسایش و رسوب در یک منطقه زراعی در کانادا بکمک سزیم رادیواکتیو مشاهده کرد که در شانه شیب عمق پراکنش سزیم رادیواکتیو ۲۰ سانتی متر است. وی نتیجه گیری کرد که عمق شخم در این خاک ها تا ۲۰ سانتی متر بوده است. اما در پای شیب عمق پراکنش سزیم رادیواکتیو ۴۲ سانتی متر بود. با توجه به اینکه شخم نمی تواند تا این عمق خاک را زیر و رو کند بنابراین فاصله ۲۰ تا ۴۲ سانتی متر یعنی ۲۲ سانتی متر خاک نشاندهنده عمق خاکی است که از سال ۱۹۵۴ (اولین سال ریزش سزیم رادیواکتیو) تا

کمپلکس داده و تقریباً بشکل غیر تبادلی در می آید (۲۵). تحرک سزیم-۱۳۷ در خاک به صورت شیمیایی و بیولوژیکی بسیار اندک می باشد و فقط به صورت فیزیکی همراه ذرات کلوییدی در خاک جابجا می شود. پراکنش مجدد آن اصولاً همراه با تحولات فیزیکی در خاک نظیر فرسایش و شخم می باشد، و به این جهت می تواند به عنوان یک نشاندار مناسب برای تعیین جابجایی خاک از طریق فرسایش آبی یا فرسایش بادی در ۴۰ سال اخیر مورد استفاده قرار گیرد (۱۷). آزمایشات هسته ای تا سال ۱۹۶۳ ادامه یافته ولی از آن پس به علت عقد پیمان های عدم گسترش آزمایشات اتمی، متوقف گردید در سال ۱۹۸۶ حادثه چرنوبیل مقداری سزیم-۱۳۷ به بعضی قسمت های نیمکره شمالی افزود (۶). در خاک های بهم نخورده حداکثر غلظت سزیم رادیواکتیو بطور کلی تا عمق حدود ۱۰ میلیمتری از سطح است و غلظت آن بصورت تابع نمایی با عمق کاهش می یابد. حداکثر عمق وجود این عنصر رادیواکتیو در گزارشات مختلف در خاک های بهم نخورده در عمق ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی متری از سطح گزارش شده است (۲۵). در خاک های شخم خورده پراکنش سزیم در خاک تا عمق شخم بطور یکنواخت گزارش شده است (۲۱). اساس این روش بر مبنای اندازه گیری مقدار سزیم-۱۳۷ (بر حسب بکرل بر متر مربع) در خاک در معرض فرسایش در مقایسه با یک سطح مرجع است. کاهش نسبی سزیم در خاک نشاندهنده فرسایش و افزایش نسبی سزیم نشاندهنده رسوب یا افزایش به خاک است. روش سزیم رادیواکتیو فرسایش خالص را بجای کل فرسایش خاک در هر نقطه بدست می دهد فرسایش خالص در هر نقطه عبارت از فرسایش خاک منهای رسوبات وارد شده به آن نقطه است. با شناخت قابلیت های سزیم رادیواکتیو در برآورد

1-IAEA

2- Wallbrink *et al.*

3- Vanden Bygaart



استفاده می شود و برای استفاده از آنها لازم است فرضیاتی در نظر گرفته شود. در منطقه مورد مطالعه پورتو و همکاران اندازه ذرات در رسوبات حاصل از فرسایش خاک، درشت تر از خاک اصلی بود. این محققین نتیجه گیری کردند که فرسایش غالب منطقه از نوع فرسایش بین شیاری بوده است. در فرسایش بین شیاری، پاشمان خاک، عامل اصلی انتقال ذرات بوده و قادر است ذرات درشت تر را جابجا کند، در حالی که در فرسایش شیاری ذرات ریزتر بیشتر جابجا می گردند.

رانگی و تیسسن<sup>۸</sup> (۲۲) با استفاده از روش سزیم-۱۳۷ میزان فرسایش خاک و هدر رفت مواد آلی خاک و تغییر ترکیبات فسفره خاک را برآورد کردند. این محققین نتیجه گرفتند که حدود نصف کربن آلی و فسفر آلی هدر رفته در مدت ۱۶ سال کشت و کار بخاطر فرسایش خاک سطحی بوده است. علت تخریب خاک های منطقه توسط این محققین، فرسایش خاک و معدنی شدن مواد آلی تشخیص داده شد. تغییر کاربری اراضی از مرتع به کشت و کار، فرسایش خاک و معدنی شدن را افزایش داده است. کلود برنارد و لاوردیر<sup>۹</sup> (۸) در مطالعه مشکلات زیست محیطی در حوضه آبخیز رودخانه بویر در کانادا که منجر به کاهش شدید جمعیت ماهی ها در بخش انتهایی رودخانه واقع در این حوضه گردیده بود، دریافتند که کاهش کیفیت آب رودخانه در اثر وجود ذرات معلق فراوان در آب، و انتقال مواد غذایی و فسفر زیاد بوده و تجمع این مواد باعث رشد فراوان جلبک ها گردیده است. در این مطالعه مقدار خاک فرسایش یافته به کمک روش سزیم - ۱۳۷ و مدل ارائه شده توسط کاجانوفسکی<sup>۱۰</sup> (۱۳) محاسبه گردید. نتایج نشان داد که منشا بیش از ۷۵ درصد رسوبات منطقه، اراضی

کنون به این واحد ژئومورفولوژیکی<sup>۱</sup> اضافه شده است. بریگیدو فلورس و همکاران<sup>۲</sup> (۶) در مطالعه فرسایش و رسوب در خاکهای کوبا روش استفاده از سزیم-۱۳۷ را روش مناسبی برای تعیین میزان متوسط فرسایش و رسوب در شرایط آب وهوایی و خاک های کوبا تشخیص دادند. این محققین برای تبدیل ارقام سزیم بدست آمده به مقادیر فرسایش و رسوب از مدل های ارائه شده توسط والینگ و حی<sup>۳</sup> (۲۷) استفاده کرده و به سه روش مدل تعادل وزنی، مدل نسبی و روش وزنی<sup>۴</sup> فرسایش و رسوب حوضه را اندازه گیری کردند (۶).

باچی و همکاران<sup>۵</sup> (۴) در مطالعه میزان فرسایش و رسوب در حوزه رودخانه پیراسیکابا<sup>۶</sup> در برزیل از سه روش معادله جهانی فرسایش، روش وپ و روش سزیم رادیواکتیو استفاده کردند. مقادیر سزیم اندازه گیری شده از نقاط مرجع از سطح به عمق بطور یکنواخت کاهش داشت و این کاهش نشان می داد که نقاط مرجع درست انتخاب شده اند. این محققین برای تبدیل مقادیر سزیم اندازه گیری شده به مقادیر فرسایش و رسوب از مدل پیشنهادی والینگ و حی استفاده کردند.

به نظر پورتو و همکاران<sup>۷</sup> (۱۷) بکارگیری روش سزیم رادیواکتیو در محاسبه مقادیر فرسایش و رسوب یک منطقه به شرطی موفق است که مدل مورد استفاده برای تبدیل اعداد سزیم به مقادیر فرسایش و رسوب، مدلی نزدیک به واقعیت باشد. بطور کلی در این مورد دو نوع مدل وجود دارد: مدل های تجربی و مدل های تئوریک. در صورت عدم وجود مدل های تجربی از مدل های تئوریک

- 1- Geomorphologic unit
- 2- Brigido Flores *et al.*
- 3- Walling & He
- 4- Gravimetric method , Proportional model, Mass Balance model
- 5- Bacchi *et al.*
- 6- Pyrasicaba
- 7- Porto *et al.*

8- Ronggui &amp; Tiessen

9- Claude Bernard &amp; Laverdiere

10- Kachanoski



که در آن  $Y$  مقدار خاک هدررفته بر حسب تن در هکتار در سال و  $X$  تغییرات سزیم رادیواکتیو در نمونه خاک نقطه مورد نظر است.

پورتو و همکاران (۱۷) مقدار فرسایش و رسوب را در ۹ کرت آزمایشی که دارای طول شیب و زاویه شیب متفاوت بودند به دو طریق اندازه گیری کردند. طریق اول جمع آوری رسوبات آورده شده پس از هر بارندگی در انتهای کرت، روش دوم اندازه گیری مقادیر سزیم رادیواکتیو در بالا، وسط و پایین شیب بود. این محققین پس از آن با ایجاد رابطه همبستگی بین اعداد بدست آمده به دو روش، مدل های زیر را برای محاسبه مقدار فرسایش خاک از روی داده های سزیم رادیواکتیو در کرت های آزمایشی متفاوت بدست آوردند:

$$Y = 4 / 0.162 X^{0.99} \quad (4)$$

$$Y = 5 / 15 X^{1.05} \quad (5)$$

در مطالعات این محققین دیده شد که مقدار سزیم در رسوبات حاصل از فرسایش در ۷ کرت از ۹ کرت آزمایشی کمتر از مقادیر سزیم در خاک سطحی فرسایش یافته است. آنها علت این تفاوت را در تفاوتی که در اندازه ذرات (بافت) خاک فرسایش یافته و رسوبات حاصل از آن وجود دارد یافتند. اگر چه همواره فرض می شود که فرسایش، ذرات ریز تر را بیشتر تحت تاثیر قرار می دهد (۱۷). محققین زیادی مثل یانگ (۲۸) نشان دادند که بافت رسوبات حاصل از فرسایش در بعضی موارد درشت تر از خاک اولیه است.

گاورز و همکاران<sup>۴</sup> و نیز لینداستورم<sup>۵</sup> فرمول زیر را برای محاسبه مقدار جابجایی خاک در اثر فرسایش شخم ارائه داده اند (۱۷).

$$D = a + bS \quad (6)$$

که در آن  $D$  میانگین فاصله ایست که خاک لایه شخم در جهت شخم جابجا می شود،  $S$  زاویه

زرعی و ۲۵ درصد بقیه، اراضی ساحلی رودخانه فوق می باشد. در ایران هم مطالعات فرسایش خاک به روش سزیم-۱۳۷ توسط تعدادی از محققین انجام گرفته است. از آن جمله می توان به مطالعات مصباح و عمیدی (۳) جهت اندازه گیری میزان رسوب دریاچه مهارلو، کلهر (۱) در حوضه آبخیز ریمله لرستان، و محمودی (۲) اشاره کرد. جهت تبدیل مقادیر اندازه گیری شده سزیم خاک به مقدار فرسایش و رسوب مدل های متفاوتی در نقاط مختلف دنیا پیشنهاد شده است. یکی از اولین این مدل ها توسط ریچی و مک هنری<sup>۱</sup> (۲۰) به صورت زیر ارائه گردید:

$$Y = 0.187 X^{1.18} \quad (1)$$

که در آن  $Y$  برابر مقدار خاک فرسایش یافته بر حسب تن در هکتار در سال و  $X$  برابر مقدار سزیم جابجا شده موجود در نمونه خاک و بر حسب درصد می باشد.

مدل دیگر توسط دی جانگ و کاجانوسکی<sup>۲</sup> (۹) به شرح زیر مطرح گردیده است:

$$Y = \left( \frac{2640}{28} \right) \left[ (C_{ss} - C_{sr}) / C_{sr} \right] \quad (2)$$

در این فرمول  $C_{ss}$  مقدار سزیم رادیواکتیو موجود در نمونه خاک مورد نظر و  $C_{sr}$  مقدار سزیم رادیواکتیو موجود در خاک نقطه مرجع و  $Y$  با علامت منفی، خاک فرسایش یافته و با علامت مثبت، خاک اضافه شده به نقطه مورد نظر می باشد. ضریب ۲۶۴۰ میانگین وزن خاک موجود در یک هکتار بر حسب تن و عدد ۲۸ تعداد سال های پس از آخرین ریزش بزرگ سزیم رادیواکتیو (۱۹۶۴) تا زمان نمونه برداری از خاک (۱۹۹۲) بوده است.

مدلی نیز توسط الیوت و همکاران<sup>۳</sup> (۱۱) به

شکل زیر مطرح گردیده:

$$Y = 33/845 (1/0.76)^X \quad (3)$$

1- Ritchie & McHenry

2- De Jong, & Kachanoski

3- Elliot et al.

4- Govers et al.

5- Lindstorm



$$Y = 10 BD[1 - X/100](1/t - 1963) \quad (10)$$

که در آن  $Y$  مقدار فرسایش خاک در سال  $t$  و  $X$  درصد هدر رفت یا ازدیاد سزیم،  $B$  وزن مخصوص ظاهری خاک و  $D$  عمق شخم است. در مدل تناسبی<sup>۳</sup> محاسبه فرسایش در اراضی شخم خورده به شکل زیر است:

$$Y = 10BDX/100T \quad (11)$$

در این فرمول  $Y$  میانگین هدر رفت خاک برحسب تن در هکتار در سال،  $B$  وزن مخصوص ظاهری بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب،  $X$  درصد هدر رفت سزیم و  $T$  زمان از آغاز تجمع سزیم می باشد.

دی جانگ و وانگ ریس<sup>۴</sup> (۱۰) در محاسبه شدت سالیانه فرسایش بر حسب درصد ( $E_r$ ) از فرمول زیر استفاده کردند. در این فرمول  $C_{Su}$  مقدار سزیم در نقطه مرجع برحسب بکرل بر مترمربع و  $C_{Se}$  مقدار سزیم در نقطه فرسایش یافته و  $n$  تعداد سال های گذشته پس از ریزش سزیم رادیواکتیو تا بحال می باشد.

$$E_r = \left( \frac{(^{137}C_{Su} - ^{137}C_{Se}) \times 100}{^{137}C_{Su} \times n} \right) \quad (12)$$

استفاده از سزیم رادیواکتیو یک روش دقیق در برآورد میزان فرسایش خاک در چهل سال گذشته می باشد و به همین جهت در دنیا مورد توجه محققین این رشته قرار گرفته است. هدف از این مطالعه تعیین میزان فرسایش و رسوب در لندفرم های مختلف یکی از زیر حوضه های کارون شمالی می باشد.

### مواد و روش ها

حوضه آبخیز گرکک دارای طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۴۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۲ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۳۲ درجه و ۱۲ دقیقه شمالی می باشد. این حوضه در

شیب،  $a$  و  $b$  اعداد ثابت بوده و مقدار آنها بترتیب از ۰/۲۴ تا ۰/۲۸ و از ۰/۶۲ تا ۱/۰۲ می باشد

پنوک و دی جونگ (۱۵) مقدار سزیم هدر رفته از خاک ها در اثر فرسایش را از فرمول زیر محاسبه کردند:

$$Cs \text{ Loss} = [0.95C_{Sc} - C_{Se}] / (0.95C_{Sc}) \quad (7)$$

$C_{Sc}$  میانگین سزیم موجود در نقاط مرجع،  $C_{Se}$  مقدار سزیم موجود در نمونه بر حسب بکرل بر مترمربع و  $Cs \text{ Loss}$  مقدار کاهش نسبی سزیم می باشد. آنها فرض کردند که حدود ۵٪ سزیم از طریق جذب توسط گیاه و نیز وزش باد بر روی برف از خاک خارج می شود. برای محاسبه مقدار فرسایش خاک این محققین فرمول زیر را پیشنهاد دادند:

$$E = (Cs \text{ Loss}) (d) (BD) \quad (8)$$

که در آن  $E$  فرسایش خاک برحسب گرم بر سانتی متر مربع، مقدار  $Cs \text{ Loss}$  از فرمول ۷،  $d$  ضخامت لایه ای است که سزیم در آن وجود داشته و  $BD$  وزن مخصوص ظاهری خاک آن لایه می باشد.

کاپانوسکی (۱۳) مدل زیر را برای محاسبه مقادیر فرسایش و رسوب در اراضی شخم خورده از داده های سزیم رادیواکتیو ارائه کرد:

$$E = M \{ 1 - (T_n / T_0)^{1/n} \} / R \quad (9)$$

که در آن  $E$  شدت فرسایش سالیانه (کیلوگرم بر متر مربع)،  $M$  وزن مخصوص لایه شخم (کیلوگرم بر مترمربع)،  $R$  نسبت مقدار سزیم در رسوبات به مقدار سزیم در لایه شخم،  $T_0$  مقدار کل سزیم اولیه موجود در خاک، و  $T_n$  مقدار سزیم موجود در خاک پس از  $n$  سال می باشد.

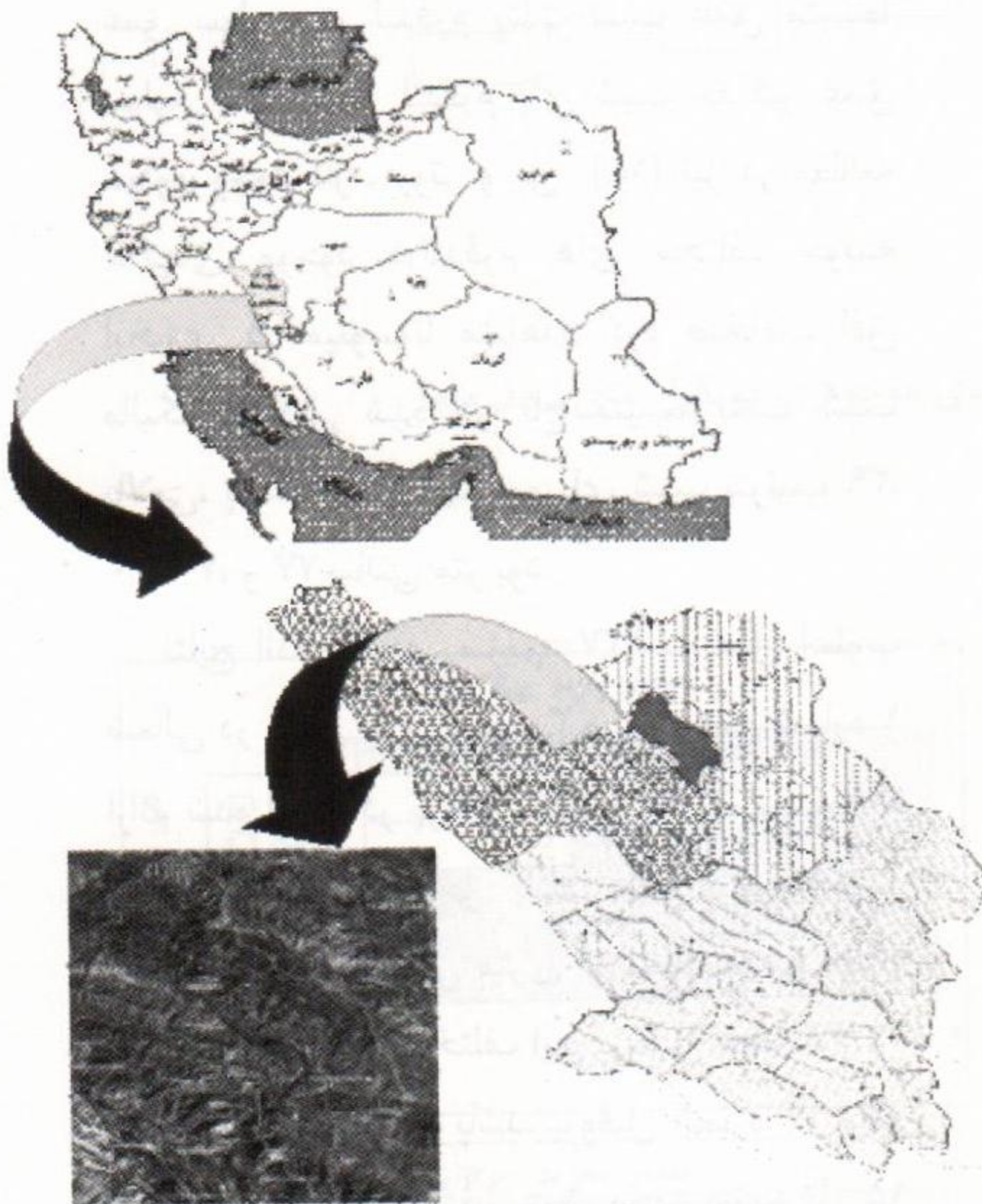
بوهلاسا و همکاران<sup>۱</sup> (۵) میزان فرسایش و رسوب در اراضی شخم خورده را به روش مدل بیلان وزنی ساده شده<sup>۲</sup> به صورت زیر محاسبه کرد:

3- Proportional Model  
4- De Jong & Wang Rees

1- Bouhlassa et al.  
2- Simplified Mass Balance Model



است که نقطه مرجع از نظر میزان بارندگی، شرایطی مشابه نقاط مورد مطالعه داشته است. اندازه گیری فعالیت سزیم - ۱۳۷ با استفاده از آشکارساز نیمه هادی ژرمانیومی با خلوص بالا<sup>۲</sup> در آزمایشگاه سازمان انرژی اتمی ایران انجام گرفت. زمان شمارش ۲۴ ساعت در نظر گرفته شد. مقدار سزیم رادیواکتیو بر حسب بکرل بر کیلوگرم خاک تعیین شد و سپس با استفاده از وزن مخصوص خاک (که به روش کلوخه و پارافین اندازه گیری شد) به واحد بکرل بر مترمربع تبدیل گردید.



شکل ۱- استان چهارمحال بختیاری، حوضه های آبخیز آن و حوضه آبخیز گرگک

غرب شهرکرد و در مسیر جاده شهرکرد به فارس در استان چهارمحال و بختیاری قرار دارد. وسعت حوضه گرگک ۲۸۷۰۰ هکتار می باشد که بخش عمده آن کوهستانی و تپه ماهوری و دارای پستی و بلندی زیاد تا متوسط است. بیشترین و کمترین ارتفاع نقاط زیر حوضه انتخاب شده از سطح دریا به ترتیب برابر ۲۹۲۰ و ۲۰۳۰ متر می باشد. بیشترین کلاس شیب این حوضه مربوط به شیب ۱۲ تا ۴۰ درصد است که بیش از ۵۳ درصد از اراضی را شامل می گردد. شکل ۱ موقعیت حوضه آبخیز گرگک را در استان چهارمحال بختیاری نشان می دهد. به منظور مطالعات فرسایش خاک در واحدهای مختلف ژئومورفولوژیکی، دو تپه<sup>۱</sup> که یکی از آنها جهت شمالی و دیگری جهت جنوبی داشته و در امتداد هم بودند انتخاب شدند.

نمونه برداری برای اندازه گیری سزیم رادیواکتیو در فواصل ۵ تا ۱۰ سانتی متری از سطح خاک شروع و تا عمق ۶۰ سانتی متری ادامه داشت. جهت کاربرد روش سزیم رادیواکتیو سه نوع اندازه گیری لازم است صورت پذیرد الف) مقدار سزیم اولیه خاک قبل از اینکه پدیده فرسایش و رسوب در آن صورت گیرد اندازه گیری شود. ب) مقدار سزیم باقیمانده در خاک پس از فرسایش و رسوب تعیین گردد. ج) مساحت محدوده مشخص گردد. از حاصلضرب مقادیر اولیه سزیم در مساحت محدوده مورد نظر مقدار سزیم ورودی محاسبه می گردد. و از مقایسه مقادیر سزیم باقیمانده با سزیم اولیه مقدار فرسایش یا رسوب خاک بدست می آید (۲۶). محل مرجع در همین حوضه آبخیز بر روی یک قطعه زمین تقریباً مسطح در ارتفاع ۲۴۶۰ متری (بالا ترین ارتفاع نسبت به اراضی اطراف) که رسوباتی بر روی آن قرار نگرفته و خود نیز بعلت نداشتن شیب، در معرض فرسایش نبوده انتخاب گردید. قابل ذکر



## نتایج و بحث

شکل ۲ ترانسکت هیل اسلپ<sup>۱</sup> مورد مطالعه در شیب جنوبی به همراه محل حفر پروفیل ها و عمق و افق های هر پروفیل را نشان می دهد. چنانچه مشاهده می شود عمق سولوم خاک در شانه شیب (پروفیل شماره ۱۷) برابر ۳۰ سانتی متر و در پشت شیب (پروفیل های شماره ۱۵، ۱۴، ۱۳) بترتیب برابر ۴۵، ۶۵ و ۷۵ سانتی متر، در پای شیب (پروفیل شماره ۱۲) برابر ۱۸۰ سانتی متر و در انتهای شیب (پروفیل شماره ۱۱) برابر ۲۰۰ سانتی متر می باشد. ملاحظه می گردد که در لندفرم شانه شیب حداقل عمق سولوم، در لندفرم پشت شیب عمق متوسط سولوم خاک و در لندفرم پای شیب حداکثر عمق سولوم وجود دارد. روتر و بل<sup>۲</sup> (۱۸) نیز در مطالعه خاکهای موجود در لندفرم های مختلف حوضه آبخیزی در مینوسوتا مشاهده کرد ضخامت افق مالیک تشکیل شده در تاج شیب، پشت شیب بالایی، پشت شیب پایینی، و پای شیب بترتیب ۳۹، ۴۰، ۷۰ و ۷۷ سانتی متر بود.

نتایج اندازه گیری سزیم-۱۳۷ در هیل اسلپ شمالی در شکل های شماره ۳ و نیز جدول شماره ۱ ارائه شده است. در پروفیل شماره ۱۷ که مربوط به لندفرم شانه شیب می باشد عمق وجود سزیم رادیواکتیو تا ۱۵ سانتی متری از سطح بوده و مقدار سزیم در لایه های مختلف این پروفیل جمعاً ۲۲/۶۸ بکرل بر مترمربع می باشد. پروفیل شماره ۱۴ واقع بر لندفرم پشت شیب نیز عمق وجود سزیم تا ۱۵ سانتیمتری از سطح بوده، مقدار سزیم در کل پروفیل ۲۵/۲ بکرل بر مترمربع می باشد (شکل ۳).

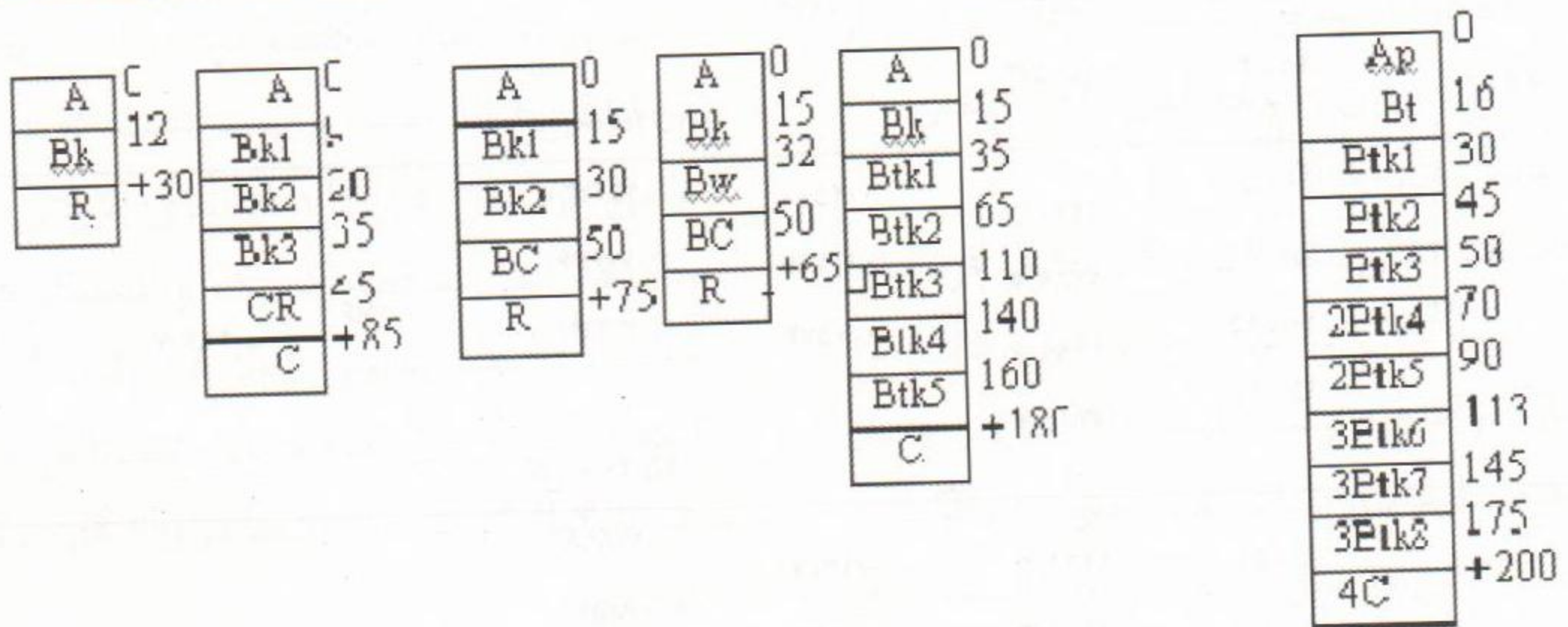
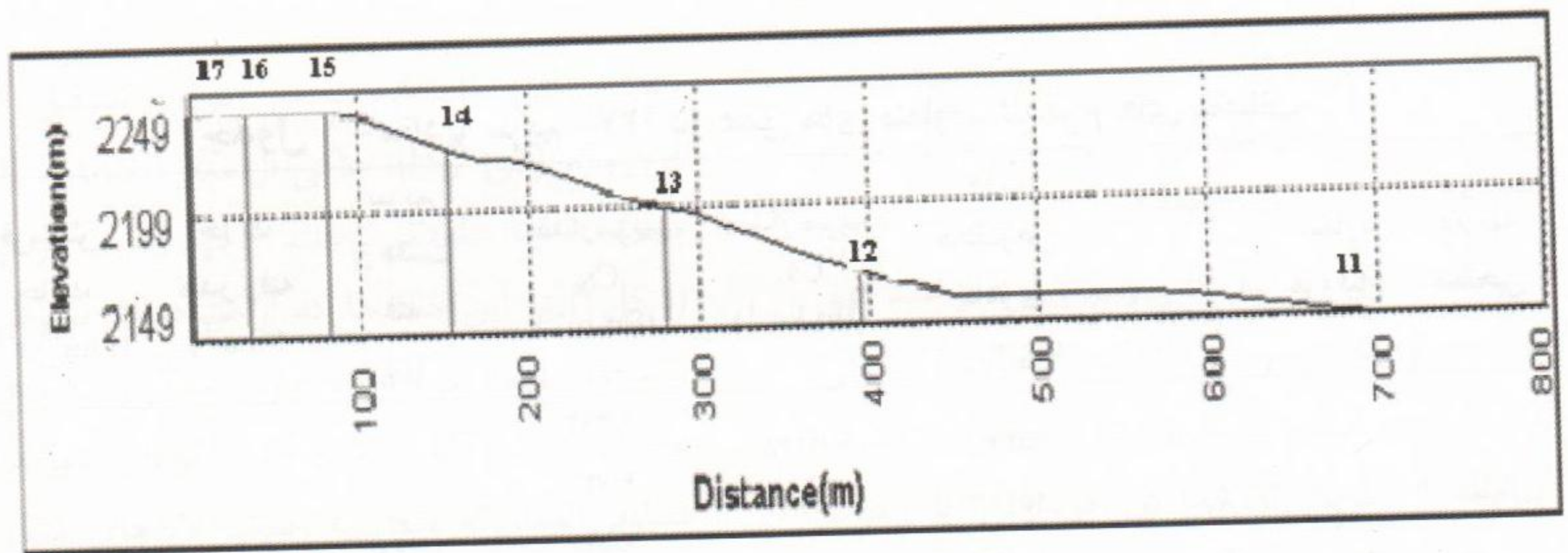
در پروفیل شماره ۱۲ واقع بر لندفرم پای شیب، سزیم-۱۳۷ تا عمق ۳۵ سانتی متری وجود دارد. این نتایج نشان داد که مقدار کل سزیم رادیواکتیو موجود در این پروفیل برابر ۳۶/۴ بکرل بر مترمربع

بوده که بسیار بیشتر از شانه شیب و پشت شیب است. نقطه مرجع در بالای تپه ای مسطح در ارتفاعات حوضه که خاک آن به علت عدم وجود شیب در معرض فرسایش قرار نگرفته و بر روی آن نیز رسوبی اضافه نشده انتخاب گردید. اندازه گیری ها نشان داد که سزیم رادیواکتیو تا عمق ۲۵ سانتی متری این خاک نفوذ کرده است. مقادیر اندازه گیری شده این عنصر در فواصل ۵ سانتی متری از سطح تا عمق صورت گرفته است. کل سزیم موجود در این پروفیل ۳۶/۶۶ بکرل بر مترمربع محاسبه شده است. روند تغییرات سزیم رادیواکتیو در نقطه مرجع در لایه های مختلف این لندفرم در شکل ۳ ارائه شده است. چنانچه مشاهده می گردد این مقادیر از بالا به پایین پروفیل کم می گردد. باچی و همکاران در مطالعه میزان فرسایش و رسوب در حوزه رودخانه پیراسیکابا در برزیل مشاهده کردند که مقادیر سزیم اندازه گیری شده از نقطه مرجع از سطح به عمق بطور یکنواخت کاهش داشت و این کاهش نشان می داد که نقطه مرجع صحیح انتخاب شده است (۲). محاسبه مقادیر فرسایش خاک در هر لندفرم بر اساس روش پنوک و دی جانگ (۱۵) ذکر شده در بالا محاسبه گردید. روش این محققین در مقالات زیادی مورد توجه قرار گرفته است. محاسبات در جدول شماره ۱ خلاصه شده است. نتایج نشان می دهد که مقدار فرسایش خاک در لندفرم شانه شیب در ۴۰ سال اخیر (از سال ۱۹۶۳ تا سال ۲۰۰۴ سال اندازه گیری سزیم) ۸۰۰/۲ تن در هکتار بوده است. در لندفرم پشت شیب مقدار کل فرسایش خاک ۴۹۶/۷ تن در یک هکتار خاک برآورد گردیده است. باید توجه داشت که با استفاده از روش سزیم رادیواکتیو مقدار فرسایش خالص در خاک را می توان محاسبه کرد. مثلاً در لندفرم پشت شیب ممکن است مقداری رسوب از خاک های بالادست به این لندفرم اضافه شده باشد ولی بهر حال عدد ۴۹۶/۷ تن در هکتار مقدار خالص فرسایش پس

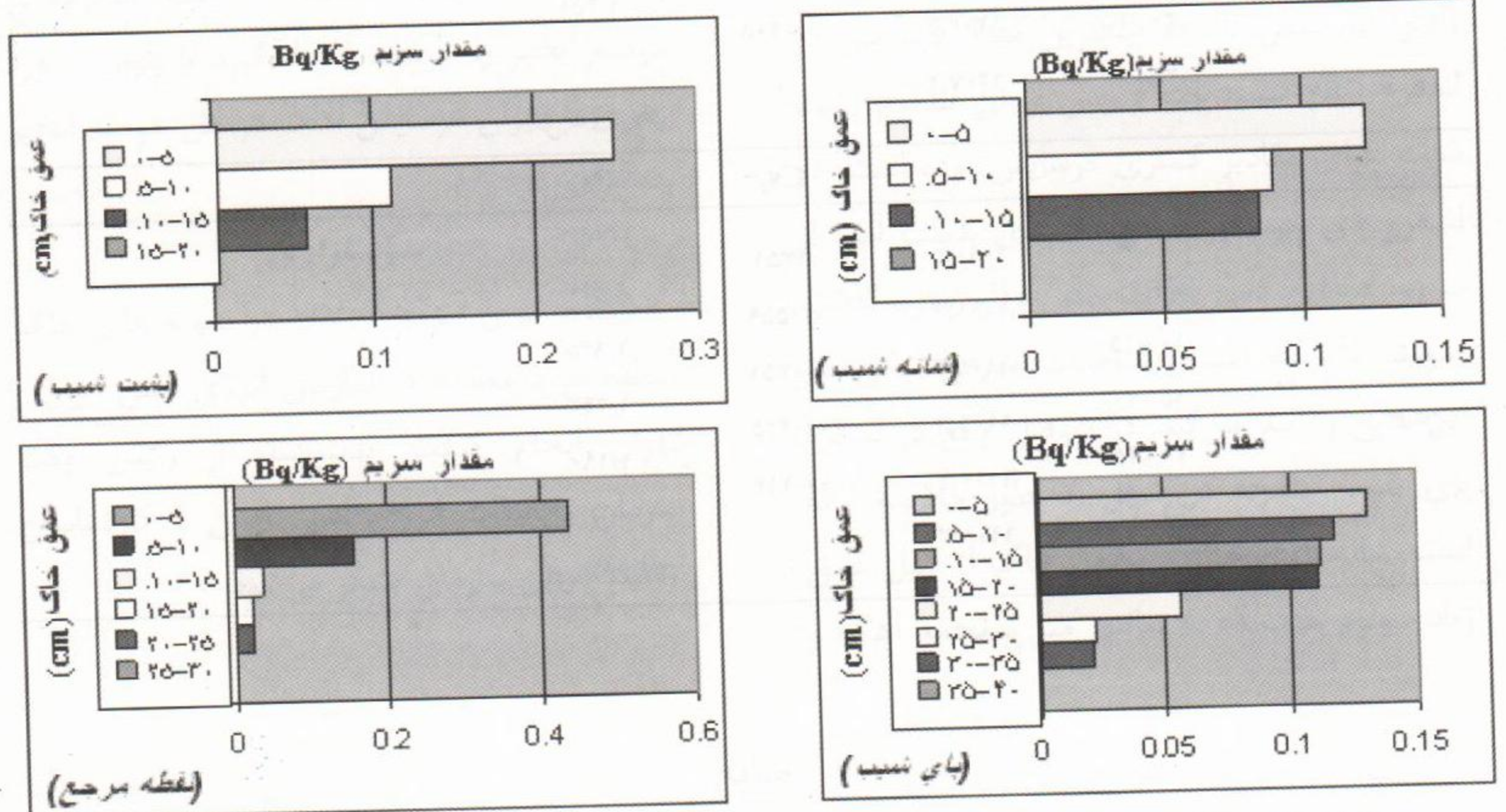
1- Hillslope Transect

2- Reuter &amp; Bell





شکل ۲- ترانسکت شیب جنوبی وافق‌های موجود در پروفیل‌های لندفرم‌ها



شکل ۳- مقادیر سزیم رادیواکتیو در پروفیل‌های لندفرم‌های مختلف در مقایسه با نقطه مرجع



جدول ۱ - مقادیر سزیم-۱۳۷ در عمق های متفاوت لندفرم های مختلف

عارضه سطحی	شماره پروفیل	عمق (cm)	وزن مخصوص ظاهری (kg m <sup>-3</sup> )	مقدار سزیم Cs <sub>e</sub> (Bq kg <sup>-1</sup> )	مقدار سزیم Cs <sub>e</sub> (Bq m <sup>-2</sup> )	سزیم از دست فته (%)	خاک هدر رفته (t ha <sup>-1</sup> )	فرسایش خاک (t ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )
شانه شیب	۱۷	۰-۵	۱۵۲۱/۲	۰/۱۲۳۵	۹/۳۹۳			
		۵-۱۰	۱۵۱۱/۳	۰/۰۸۹۲	۶/۷۴۰			
		۱۰-۱۵	۱۵۵۳/۳	۰/۰۸۴۳	۶/۵۴۷	۰/۳۴۹	۸۰۰/۲	۱۹/۵
		۱۵-۲۰	۱۵۰۵/۲	.	.			
					کل = ۲۲/۶۸			
پشت شیب	۱۴	۰-۵	۱۲۱۰/۵	۰/۲۵۰۰	۱۵/۱۳۱			
		۵-۱۰	۱۱۸۹/۳	۰/۱۱۱۶	۶/۶۳۶			
		۱۰-۱۵	۱۱۹۹/۶	۰/۰۵۷۳	۳/۴۳۷	۰/۲۷۶	۴۹۶/۷	۱۲/۱
		۱۵-۲۰	۱۲۰۵/۳	.	.			
					کل = ۲۵/۲۰			
پای شیب	۱۲	۰-۵	۱۲۱۱/۳	۰/۱۳۰۴	۷/۸۹۸			
		۵-۱۰	۱۲۱۵/۳	۰/۱۱۷۳	۸/۵۴			
		۱۰-۱۵	۱۲۰۴/۵	۰/۱۱۲۱	۷/۱۲۸			
		۱۵-۲۰	۱۲۲۱/۲	۰/۱۱۰۹	۶/۷۷۲			
		۲۰-۲۵	۱۲۳۳/۳	۰/۰۵۶۵	۳/۴۸۴	-۰/۰۴۵	-۱۹۱/۳	-۴/۷
		۲۵-۳۰	۱۲۱۱/۲	۰/۰۲۲۰	۱/۳۳۲			
		۳۰-۳۵	۱۲۰۳/۲	۰/۰۲۰۸	۱/۲۵۱			
		۳۵-۴۰	۱۲۰۷/۲	.	.			
					کل = ۳۶/۴۰			
				Cs <sub>e</sub>	Cs <sub>e</sub>			
نقطه مرجع	۱۸	۰-۵	۱۰۹۰/۵	/۴۳۵۱	۲۳/۷۲۴			
		۵-۱۰	۱۰۹۸/۶	۰/۱۵۵۹	۸/۵۶۴			
		۱۰-۱۵	۱۱۰۸/۳	۰/۰۳۵۱	۱/۹۴۵			
		۱۵-۲۰	۱۱۰۵/۱	۰/۰۲۲۵	۱/۲۴۳	-	-	-
		۲۰-۲۵	۱۱۱۲/۲	۰/۰۲۱۴	۱/۱۹۰			
		۲۵-۳۰	۱۱۰۸/۳	.	.			
					کل = ۳۶/۶۶			



تشکیل افق کلسیک، تجمع رس و تشکیل افق آرجیلیک (افق  $B_{tk}$ )، حاکی از عدم فرسایش خاک بمدت نسبتاً طولانی است. وجود تناوب رسوب (شکل ۲) در این خاک‌ها که از مشاهدات مربوط به تغییرات موجود در بافت و میزان سنگریزه لایه‌های مختلف خاک قابل اثبات است گویای سیل‌های متناوبی است که منجر به رسوب لایه‌های متفاوت خاک در زمان‌های مختلف گردیده است. بطور کلی در لندفرم شانه شیب و پشت شیب که در معرض دائمی فرسایش قرار دارد افق‌های تشکیل شده در خاک‌ها، افق مشخصه کمبیک و کلسیک هستند و خاک‌ها در رده اینسپتی سولز قرار گرفته‌اند و حال آنکه در خاک‌های لندفرم پای شیب افق آرجیلیک هم تشکیل گردیده و خاک‌ها در رده آلفی سولز قرار گرفته‌اند.

در خاتمه پیشنهاد می‌شود مطالعات فرسایش خاک به روش سزیم رادیواکتیو در تعداد زیادتری نمونه حداقل به تعداد ۱۰۰ نقطه و در حداقل ۶ ترانسکت در جهات مختلف که همه لندفرم‌های حوضه آبخیز را بپوشاند انجام گیرد تا بتوان برآورد بهتری از میزان فرسایش خاک در کل حوضه آبخیز بدست آورد.

### سپاسگزاری

اندازه گیری سزیم - ۱۳۷ در نمونه های خاک منطقه مورد مطالعه در سازمان انرژی اتمی ایران - تهران انجام گرفت. بدینوسیله از رئیس وقت سازمان تحقیقات انرژی اتمی ایران و کارشناسان آزمایشگاه آن سازمان تشکر می‌شود.

از کسر مقادیر اضافه شده می‌باشد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که در لندفرم پای شیب مقدار  $191/3$  تن خاک به خاک‌های این لندفرم افزوده شده است یعنی پدیده غالب رسوب بوده و عدد فوق الذکر بطور خالص و پس از کسر فرسایش احتمالی بدست آمده است. تعیین شدت فرسایش یا رسوب سالیانه از طریق تقسیم کل فرسایش یا رسوب بدست آمده در هر لندفرم تقسیم بر تعداد سال (از سال ۱۹۶۳ تا زمان مطالعه سال ۲۰۰۴ یعنی ۴۱ سال) بدست می‌آید (۱۵).

محاسبات نشان داده است که مقادیر فرسایش خالص سالیانه خاک در لندفرم شانه شیب  $19/5$  تن در هکتار، در لندفرم پشت شیب  $12/1$  تن بر هکتار بوده و در لندفرم پای شیب مقدار رسوب اضافه شده به خاک  $4/7$  تن در سال در هکتار بوده است. نتایج این عملیات در جدول ۱ ارائه شده است.

### نتیجه گیری

مطالعات فرسایش خاک به کمک سزیم رادیواکتیو نشان داد که بیشترین مقدار فرسایش در لندفرم شانه شیب بوده و پس از آن لندفرم پشت شیب دارای مقادیر کمتری فرسایش بوده است. در لندفرم پای شیب بر اساس داده‌های بدست آمده از سزیم، مقادیر کمی افزایش در چهل سال گذشته صورت پذیرفته است. مشاهدات مورفولوژیکی نیز این نتایج را تأیید می‌کند. در پروفیل واقع در لندفرم پای شیب چنانچه در شکل ۲ بطور خلاصه ارائه است نشانه‌های تحول و تکامل خاک از قبیل عمق زیاد سولوم خاک (۲۰۰ سانتی متر)، تجمع آهک و

### منابع

۱. کلهر، م. ۱۳۷۷. مقایسه دو روش سزیم - ۱۳۷ و مدل جهانی تلفات خاک (USLE) به منظور برآورد فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز ریمله (لرستان). پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی. دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۴۳ ص.



۲. محمودی، م. ۱۳۷۶. بررسی امکان سنجی تعمیم نتایج حاصل از روش سزیم-۱۳۷ برای محاسبه فرسایش سطحی خاک در عرصه های همگن. نشریه پژوهش و سازندگی، شماره ۳۵، صص ۵۶-۶۰.
۳. مصباح، س.ح. و عمیدی، ج. ۱۳۸۴. برآورد میزان رسوبگذاری سالانه دریاچه مهارلو با استفاده از سزیم-۱۳۷. مجموعه مقالات سومین همایش فرسایش و رسوب. تهران، صص ۸۳۳-۸۳۵.
4. Bacchi, O.O.S., Reichard, K., Sparovek, G., and Ranieri, S.B.L. 2000. Soil erosion evaluation in a small watershed in Brazil through 137Cs fallout redistribution analysis and conventional models. *ACTA GEOLOGICA HISPANICA*, 35:251-259.
5. Bouhlassa, M., Moukhchane, N., and Aiachi, A. 2000. Estimates soil erosion and deposition of Cultivated soil of Nakhla Watershed, Morocco, using Cs-137 technique and Calibration models. *ACTA GEOLOGIA HISPANICA*, 35:239-249
6. Brigido Flores, O., Gandarilla Benitez, J., Montalvan Strada A., and Barreras Cabalero, A. 2001. Estimating Soil Erosion using Fallout Cs-137 in Cultivated Land at the Watershed of Maximo River, Cuba. 17<sup>th</sup> WCSS, 14-21 August 2001- Thailand, pp: 38-53.
7. Chaplot, E. Coadou le, B., Silvera, N., and Valentin, C. 2005. Spatial and temporal assessment of linear erosion in catchments under sloping lands of northern Laos. *Catena* 63:167-184.
8. Claude, B., and Laverdiere, M.R. 1999. Assessment of Soil Erosion at the Watershed scale from Cesium-137 Measurements. 10<sup>th</sup> International Soil Conservation Organisation Meeting at Purdue University, pp: 82-87.
9. De Jong, E., and Kachanoski, R.G. 1988. The importance of erosion in the carbon balance of prairie soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 68:111-119.
10. De Jong E., Wang Rees, C.H.W. 1986. Soil Redistribution on three cultivated New Brunswick Hillslopes Calculated for Cesium-137 measurements, solum data and the USLE. *Can Canadian Journal of Soil Science*, 66:721-730.
11. Elliot W.J., Olivieri, L.J., Laflen, J.M., and Kohl, K.D.K. 1990. Predicting soil eridibility fom soil strenght measurments. Paper No.902009, Presented at the 1990 Summer Meeting of ASAE. Columbus , Ohio, pp: 122-137.
12. Grosh, J.L., and Jarrett, A.R. 1994. Interril erosion and runoff on very steep slopes. *Trans, ASAE*, 37:1127-1133.
13. Kachanoski, R.G. 1993. Estimating Soil Loss from change in Soil Cesium-137. *Canadian Journal of Soil Science*, 73: 629-632
14. Le Bissonnais, Y., Singer, M.J. 1992. Crusting runoff and erosion response to soil water content and succesive rainfalls. *Soil Science Society of American Journal*, 59:1898-1903.
15. Pennock D.J., and de Jong, E. 1987. The Influence Of Slope Curvature on Soil Erosion and Deposition in Hummock Terrain. *Soil Science*, 144: 209-217.
16. Pimentel, D., and Harvey, C. 1999. Ecological Effects of Soil Erosion. In: Walker, L.R. (ed.). *Ecosystems of Disturbed Ground*, pp: 123-135. Elsevier. Amesterdam.
17. Porto, P., Walling D.E., Tamburinob, V., and Callegaric, G. 2003. Relating cesium-137 and soil loss from cultivated land. *Catena*, 53: 303-326.



18. Reuter, R.J., and Bell, J.C. 2003. Hillslope Hydrology and Soil Morphology for a Wetland Basin in South-Central Minnesota. *Soil Science Society of American Journal* 67:365-372.
19. Ritchie, J.C., Mc Carty, G.W., Venteris, E.R., and Kaspar, T.C. 2007. Soil and soil organic carbon redistribution on the landscape. *Geomorphology* 89: 163-171.
20. Ritchie, J.C., and McHenry, J.R. 1990. Application of Radioactive Fallout Cesium-137 for Measuring Soil Erosion and Sediment Accumulation Rates and Patterns, a review. *Journal of Environmental Quality*, 19: 215-233.
21. Ritchie, J.C., McHenry, J.R. 1975. Fallout Cs-137: A Tool in Conservation Research *Journal of Soil Water Conserv*, 30: 283-288.
22. Ronggui, W., and Tiessen, N. 2002. Effect of Land Use on Soil Degradation in Alpine Grassland Soils, China. *Soil Science Society of American Journal*, 66:1648-1655.
23. Schwab, G.O., and Frevert, R.K. 1993. *Soil and water conservation engineering*. 4th edition. John Willey and Sons Inc. New York, 327 p.
24. Vanden Bygaart, A.J., Protz, R., and Witt, V. 2001. Erosion and Deposition History Derived by Depth-Stratigraphy of Cesium-137 and Soil Organic Carbon. *Journal of Soil Tillage Research*, 61:187-192.
25. Wallbrink, P.J., Belyaev, V., Golosov, V.N., Sidorchuk, A.S., and Murray, A.S.A. 2002. Use of radionuclide, field based and erosion modeling methods for quantifying rates and amounts of soil erosion processes, CSIRO Land and Water consultancy report, pp: 22-27.
26. Wallbrink, P.J., Roddy, B.P., and Olley, J.M.b. 2002. A tracer budget quantifying soil redistribution on hillslopes after forest harvesting. *Catena*, 47: 179-201.
27. Walling, D.E., and He, Q. 1999. Improved models for estimating soil erosion rates from cesium measurements. *Journal of Environmental Quality*, 28:611-622.
28. Young, R.A. 1980. Characteristics of Eroded Sediments. *Trans. American Society Agriculture Engineering*, 23:1139-1249.
29. Zapata, F., and Garcia-Agudo, E. 2000. Future prospects for the 137Cs technique for estimating soil erosion and sedimentation rates. *ACTA GEOLOGICA HISPANICA*, 35 (3-4): 197-205.



## Study of Effects of Geomorphologic Unit on Erosion and Deposition by Radioactive Cesium in Gorgak Basin

N. Honarjoo<sup>1</sup>, A. Alimohammadi<sup>2</sup>, A.H. Charkhabi<sup>3</sup>, S. Mahmoodi<sup>4</sup> and A. Jalalian<sup>5</sup>

1- Soil Department, Agriculture Faculty, Azad University of Khorasgan, Isfahan, Iran, (nhonarjoo@yahoo.com).

2- Department of Remote Sensing, Faculty of surveying, Khajeh Nasire Toosi University, Tehran, Iran.

3- Soil Conservation and Watershed Management, Tehran, Iran.

4- Soil Department, Agriculture Faculty, Tehran University, Tehran, Iran.

5- Soil Department, Agriculture Faculty, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Received: 19 December 2006

Accepted: 3 February 2009

---

---

### Abstract

Gorgak basin is located in Chahar Mahale Bakhtiary Province about 30 km. west of Sharekord. Like most western parts of Iran, the soils of this basin is very sensitive to erosion, therefore the study of soil genesis and soil erosion for the purpose of improving the management of natural resources in the Zagros region is very important. To study differences in soil genesis and erosion in different geomorphology units of the Gorgak basin, two hillslopes with northward and southward aspects within the catchment were selected. Seventeen soil profile were dug in different geomorphic units of the two hillslopes and their soil samples were analyzed. The results showed that significant differences exist between the soil development in different landform units. Soil erosion rates were obtained by Cesium-137 technique. Soils were sampled along transect and analyzed for cesium-137 determination. The main goal of this field investigation was to study the <sup>137</sup>Cs 3-D distribution pattern within key sites and to apply it for the assessment of soil redistribution. Estimated erosion rates was about 19.5 kg/ ha/ y for the top of the slope (the shoulder landform), and about 12.1 kg/ ha/ y for the middle of the slope soil profile (backslope landform). In the footslope there was 4.7 kg/ha/y deposition.

**Keywords:** *Geomorphology, GIS, Landforms, Soil Erosion, Cesium-137, Tracer, Fallout Radionuclide*