

وقایع‌نگاری رسوبات پشت سازه‌های آبخیزداری بر اساس تغییرات عمقی خصوصیات رسوبی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز حسن‌ابدال زنجان)

- ❖ سادات فیض‌نیا*؛ استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ❖ میثم صمدی؛ دانشجوی دکترای آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
- ❖ تیمور تیموریان؛ دانشجوی دکترای آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

چکیده

سن‌یابی رسوبات به روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد. در کلیه روش‌ها، سن‌یابی رسوبات با هزینه‌های زیاد و با امکانات تحقیقاتی فراوان انجام می‌شود. هدف از تحقیق حاضر که در حوزه آبخیز حسن‌ابدال زنجان انجام شده این است که نتایج دانه‌بندی رسوبات با آمار بارندگی تطبیق داده شود و بررسی شود که آیا از طریق دانه‌بندی و به دست آوردن خصوصیات رسوب و تغییرات آن می‌توان سن‌یابی انجام داد یا نه؟ در این تحقیق ابتدا ۴ بند سنگی - ملاتی انتخاب و در آن‌ها اقدام به حفر پروفیل گردید. سپس در افق‌های مختلف هر کدام از پروفیل‌ها با توجه به تغییر در بافت و رنگ رسوب نمونه‌برداری انجام شد. نمونه‌های رسوب به آزمایشگاه انتقال داده شده و دانه‌بندی رسوبات انجام گردید. نتایج دانه‌بندی با نرم‌افزار GRADISTAT مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. از سوی دیگر آمار درازمدت بارندگی ایستگاه زنجان (آمار ۴۵ ساله) از اداره هواشناسی زنجان تهیه و با استفاده از شاخص PNPI دوره‌های کم‌آبی و پرآبی تعیین گردید. با توجه به سال احداث سازه‌ها، سن تقریبی رسوبات هر یک از افق‌های پروفیل‌های چهارگانه تعیین گردید. نتایج دانه‌بندی با داده‌های بارندگی مقایسه شد و نمونه‌های رسوب با بافت ماسه به دوره پرآبی و بافت سیلت به دوره کم‌آبی نسبت داده شد. نتایج به دست آمده حاکی از انطباق کامل نتایج دانه‌بندی با شرایط اقلیمی منطقه و تشخیص درست دوره‌های پرآبی و کم‌آبی با نتایج دانه‌بندی است. به طوری که از تعداد ۱۷ نمونه رسوب موجود، در ۱۳ نمونه نتایج حاصل از تعیین دوره‌های پرآبی و کم‌آبی با استفاده از بافت رسوبات، انطباق کامل با نتایج حاصل از شاخص PNPI دارد. سن رسوبات چهار مخزن رسوب‌گیر به شرح زیر است: رسوبات پروفیل ۱ بین سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۰، پروفیل ۲ بین سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰، پروفیل ۳ بین سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ و پروفیل ۴ بین سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ نه‌شده شده‌اند. با توجه به تعیین سن هر یک از افق‌ها در پروفیل‌ها، میزان رسوبزایی حوزه آبخیز بالادست سازه در مقاطع زمانی مختلف در دسترس است.

کلید واژگان: وقایع‌نگاری، نمونه‌برداری عمقی، رسوب، سازه آبخیزداری، حسن‌ابدال.

۱. مقدمه

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 [۷]. فرسایش خاک هرچند یک پدیده طبیعی حتمی قلمداد می‌شود، ولی تشدید آن بر اثر عوامل مصنوعی مانند اعمال نادرست انسان در بهره‌برداری از طبیعت، موجب بروز خطرات جدی و ایجاد نابسامانی‌هایی در زندگی بشر می‌شود. در دید ژئومورفولوژی، در درازمدت، وجود فرسایش خاک نه تنها مضر نیست، بلکه باعث تشکیل و توسعه دشت‌ها و اراضی مناسب برای کشت و زرع می‌شود ولی در مقیاس زمانی کوتاه‌تر، فرسایش باعث از دست رفتن خاک و کاهش تولید اراضی می‌شود. بنابراین برای انسان که نیاز به تولید غذا از خاک دارد آسیب رسان است [۵]. فرسایش خاک یکی از خطرات جدی و معضلات انسان متمدن امروزی به شمار می‌رود، همچنان‌که در بسیاری از مناطق جهان و همچنین ایران فرسایش یکی از معضلات عمده است. مسائل فرسایش خاک و تولید رسوب در کشورهای در حال توسعه به علت نرخ بالای رشد جمعیت، فشار بر زمین‌های حاصل‌خیز و محدود بودن منابع آب، حادث‌تر است. در اثر بروز فرسایش، تأثیرات منفی در توازن و تجمع انرژی در خاک به وجود می‌آید، بنابراین وجود یا نبود گیاهان در بیوسفر اتفاقی نبوده بلکه حاصل تغییرات پیچیده انرژی در محیط خاک و اتمسفر است. در واقع فرسایش تشدید می‌شود به دلیل تأثیرات آن روی اقتصاد و محیط زیست، به عنوان یک مشکل جهانی مطرح است [۲۹]. فرسایش به فرآیندی گفته می‌شود که طی آن ذرات خاک از بستر اصلی خود جدا شده و به کمک یک عامل انتقال‌دهنده به مکانی دیگر حمل می‌شود [۲۳]. رسوب شامل موادی است که در نتیجه فرسایش ایجاد شده، مقداری حمل یافته، ممکن است مقداری از آن در تله‌های رسوبی موجود در سطح حوزه آبخیز مثل مخروط‌افکنه‌ها، پادگان‌ها و دشت‌های سیلابی نهشته شده و بالاخره به یک ایستگاه اندازه‌گیری رسوب برسد

[۷]. تفکیک میزان مواد فرسایش یافته و میزان رسوب ایجاد شده در مسائل آبخیزداری مهم است. رسوب شامل مواد حاصل از فرسایش است که به آبراهه دارای ایستگاه هیدرومتری منتهی می‌شود و آنچه در بالادست این منطقه وجود دارد مواد حاصل از فرسایش است [۷]. به دلیل موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی، در بسیاری از نقاط ایران، خشک‌سالی یک تهدید حتمی و اجتناب‌ناپذیر است [۲۵]. ایران سرزمینی نسبتاً خشک است به طوری که اگر میانگین بارندگی سالانه در سطح کره زمین را که حدود ۸۶۰ میلی‌متر تخمین زده می‌شود، با متوسط بارندگی سالانه ایران که تقریباً رقمی معادل ۲۴۰ میلی‌متر است مقایسه کنیم ملاحظه خواهد شد که مقدار بارندگی در ایران حتی کمتر از یک سوم متوسط بارندگی در سطح دنیا است. علاوه بر این زمان ریزش نزولات جوی و محل ریزش آن با نیازهای کشاورزی و مرتعی و جنگلی که مصرف‌کننده اصلی آب هستند مطابقت ندارد. از چهل بلای طبیعی که در کشورهای در حال توسعه وجود دارد ۳۱ مورد آن در ایران اتفاق افتاده است که خشک‌سالی به دلیل گستردگی و تبعات کوتاه‌مدت و بلندمدت اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، از مهم‌ترین آن‌ها محسوب می‌شود. خشک‌سالی بر خلاف سایر بلایا به آرامی آغاز می‌شود، پیشروی کرده و موجب نابودی منابع می‌شود. از نظر آقای پالمر خشک‌سالی عبارت است از: کاهش رطوبت مستمر و غیرطبیعی، واژه مستمر به استمرار حالت کمبود و واژه غیرطبیعی به انحراف شاخص مورد نظر از شرایط طبیعی یا میانگین اطلاق می‌شود، به صورت دیگر و ساده‌تر خشک‌سالی را می‌توان دوره‌هایی دانست که در آن مقدار بارش نسبت به میانگین درازمدت آن کمتر باشد [۲۲].

سن‌یابی رسوبات به روش‌های مختلفی انجام می‌گیرد که به طور خلاصه ذکر می‌گردد:

- ۱- روش رادیوکربن [۱۱]، [۲۱]، [۸].
- ۲- روش لومینسانس [۹]، [۶]، [۲۷]، [۲]، [۲۴]، [۳۱]، [۱۵]، [۱۰].

۱,۲. موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز حسن ابدال با مساحت ۶۹۱۹ هکتار در جنوب شرقی شهر زنجان واقع شده است. مختصات جغرافیایی حوضه ۳۶°، ۲۷'، ۳۲" تا ۳۶°، ۳۸'، ۲۶" عرض شمالی و ۴۸°، ۲۴'، ۲۴" تا ۴۸°، ۲۸'، ۱۳" طول شرقی است. از مناطق مسکونی موجود در حوضه مطالعاتی می‌توان به روستاهای حسن ابدال، قره‌تپه، سهله و قاضی‌آباد اشاره کرد. کم‌ترین و بیشترین ارتفاع موجود در حوضه به ترتیب ۱۷۱۷ و ۲۵۲۲ متر از سطح دریا است. راه دسترسی به حوضه از طریق جاده اصلی زنجان - تهران بوده که در کیلومتر ۶ جاده مزبور، از طریق جاده فرعی، به روستای حسن ابدال منتهی می‌شود. حداقل، متوسط و حداکثر بارش سالانه حوضه به ترتیب ۱۵۷، ۳۵۷/۵ و ۴۱۵/۳ میلی‌متر است [۲۶]. اقلیم منطقه مورد مطالعه در سیستم طبقه‌بندی دومارتن نیمه‌خشک سرد است. شکل ۱ موقعیت کلی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

۳- روش ایزوتوپ سرب ۲۱۰ [۳]، [۲۰]، [۱۲].

۴- روش پالئونمناطیس [۱۳].

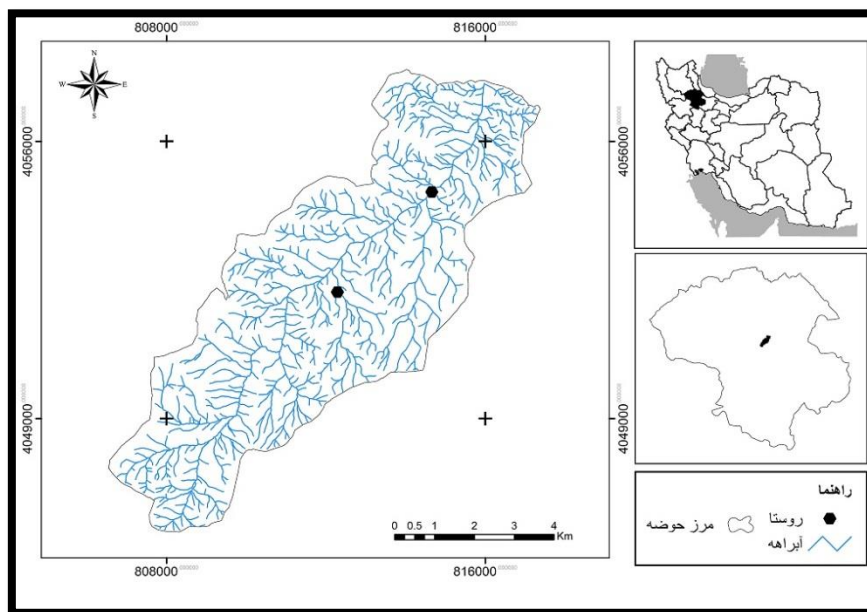
۵- روش رادیومتری [۳۰].

۶- روش چشمی [۳۲]، [۱۷]، [۱۹].

۷- روش‌های ترکیبی مانند سن‌یابی به روش‌های رادیو لومینسانس [۱۴]، [۴] تلفیق رادیوکربن و لومینسانس [۱۶] تلفیق لومینسانس و ایزوتوپ‌های ^{210}pb ، ^{137}Cs ، ^{241}Am [۱]، [۱۸].

در کلیه روش‌های ذکرشده، سن‌یابی رسوبات با هزینه‌های زیاد و هم‌چنین امکانات تحقیقاتی فراوان انجام می‌گیرد. حال اگر روشی کم‌هزینه و سریع جهت سن‌یابی رسوبات وجود داشته باشد و درصد اطمینان و صحت بالایی داشته باشد می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش‌های پرهزینه و پیچیده باشد. در مطالعه حاضر روشی نوین جهت سن‌یابی رسوبات، با بهره‌گیری از خصوصیات رسوب و هم‌چنین داده‌های هواشناسی ارائه شده است.

۲. روش شناسی



شکل ۱. موقعیت کلی منطقه مورد مطالعه

در این مطالعه ابتدا با استفاده از نقشه‌های

۲,۲. روش تحقیق

داد. نکته دیگری که در نظر گرفته شد این بود که سازه‌هایی باید انتخاب می‌شد که تا نزدیکی سرریز پر از رسوبات شده باشند و کاملاً پر نباشند تا ذهنیتی در مورد خروج احتمالی رسوبات وجود نداشته باشد. با وصف کلی این شرایط باید سازه‌هایی انتخاب می‌شد که در بالادست بوده تا بتوان به‌خوبی مرز حوضه را بست و کارهای تجزیه و تحلیل را آسان‌تر انجام داد. با ذکر این اوصاف، با مراجعه مکرر به منطقه و تطبیق آن با عکس‌های هوایی، تصاویر Google Earth، نقشه‌های زمین‌شناسی و شبکه زهکشی، ۴ نقطه انتخاب شد. از آنجایی که عمق سدهای رسوب‌گیر مختلف بود و می‌بایست حفر پروفیل تا رسیدن به سنگ بستر ادامه پیدا می‌کرد، در نتیجه پروفیل‌هایی با عمق‌های مختلف حفر شد. اطلاعات پروفیل‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی و ۱:۵۰۰۰۰ توپوگرافی و عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰، مناطق مناسب جهت حفر پروفیل و نمونه‌برداری عمقی در روی رسوبات پشت بندهای رسوب‌گیر سنگی - ملاتی انتخاب شدند. با مراجعات مکرر به منطقه و پرسش از کارشناسان معاونت آبخیزداری اداره کل منابع طبیعی استان زنجان، از ۱۲ بند رسوب‌گیر ۴ نقطه نهایی جهت حفر پروفیل و نمونه برداری عمقی انتخاب شدند. این نقاط بایستی از یک سری شرایط خاص بهره‌مند می‌بودند از جمله اینکه حتماً بند رسوب‌گیر سنگی - ملاتی بوده و گابیون نباشد تا رسوبات حاصله را از خود عبور نداده باشد و رسوب پشت سد به‌خوبی نمایانگر رسوب تولیدی حوضه بالادست در طول چند سال باشد [۲۸]. هم‌چنین سازه‌هایی انتخاب شدند که در طول چند سال و به تدریج پر از رسوب شده باشند تا بتوان سن‌یابی را به شکل واضح و درستی انجام

جدول ۱. اطلاعات پروفیل‌های حفر شده در منطقه

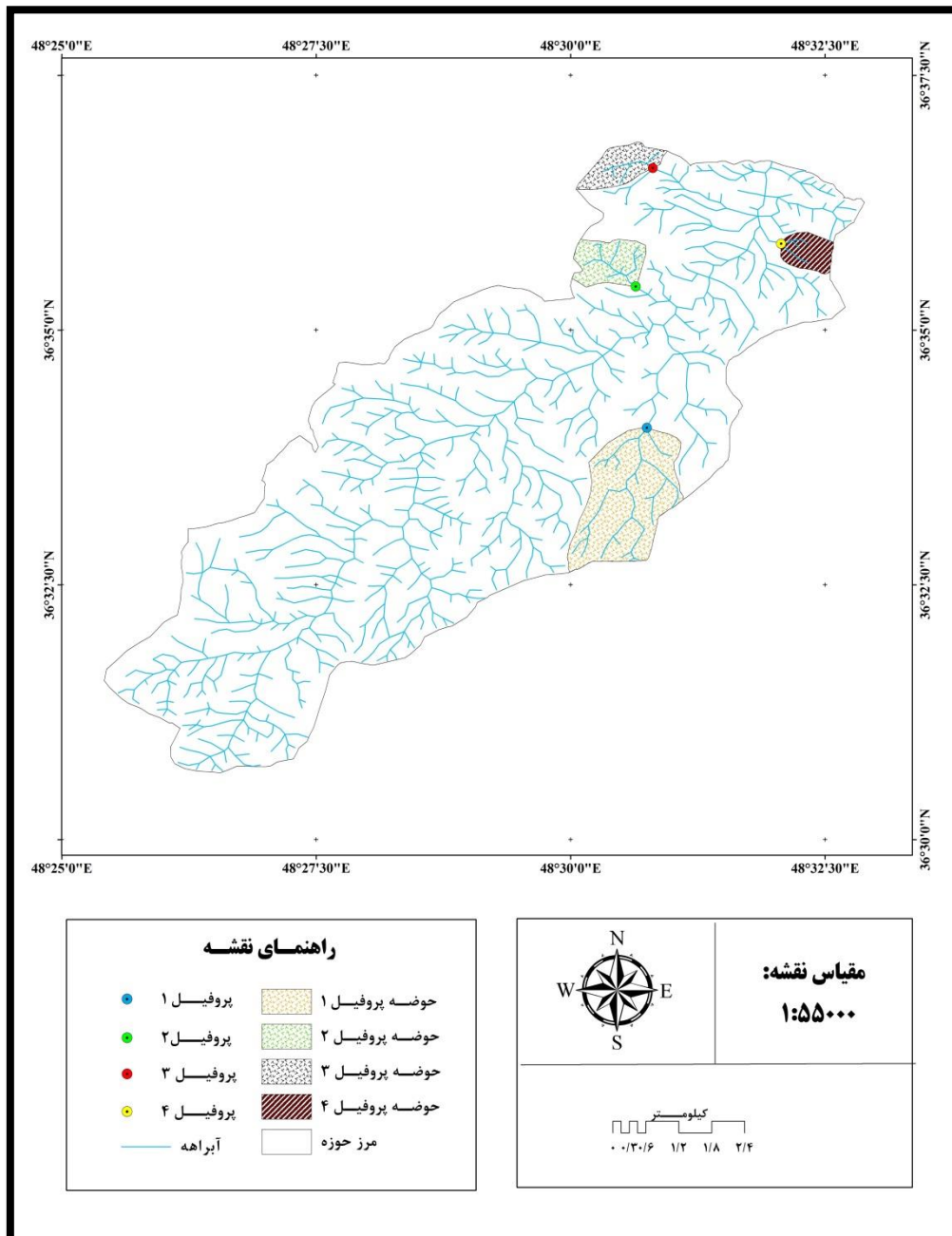
پروفیل	مساحت حوضه بالادست (هکتار)	سال احداث سازه سنگی - ملاتی	تعداد سال‌های آماری
۱	۲۷۵/۸۲	۱۳۸۴	۶
۲	۱۲۵/۳۵	۱۳۸۵	۵
۳	۳۳/۳۵	۱۳۸۷	۳
۴	۴۴/۶۰	۱۳۸۷	۳

لازم به ذکر است که در دانه‌بندی، تمامی نمونه‌ها از الک‌های استاندارد عبور داده شدند (الک‌های با قطر سوراخ ۴ میلی‌متر، ۱/۸ میلی‌متر، ۱/۱۷ میلی‌متر، ۶۰۰ میکرون، ۳۰۰ میکرون، ۱۵۰ میکرون، ۷۵ میکرون، ۶۲ میکرون). با توجه به این که میزان رسوبات ریزتر از ۶۲ میکرون بیش از ۳۰ درصد بود، این ذرات به روش هیدرومتری رسوب‌شناسی دانه‌بندی شدند. اعداد به‌دست آمده از الک‌ها و نتایج هیدرومتری به کمک نرم‌افزار Gradstat مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و اطلاعاتی نظیر نام رسوب و بافت رسوب به دست آمد. برای تمامی پروفیل‌ها لوگ رسوب با توجه به عمق هر کدام از افق‌ها در پروفیل‌های مختلف رسم شد.

پس از حفر پروفیل‌ها، از عمق‌های مختلف نمونه برداری صورت گرفت. معیار تفکیک لایه‌های رسوبی از یکدیگر تغییر در رنگ رسوبات و هم‌چنین تغییر در اندازه دانه‌های رسوبی بود. به عبارت دیگر هر جا تغییری در رنگ، ساخت و یا بافت (اندازه) دانه‌ها مشاهده شود، نمونه‌برداری انجام شد. پس از انجام نمونه‌برداری، نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال داده شد و برای انجام دانه‌بندی آماده گردیدند. در مرحله دانه‌بندی ابتدا ۱۰ درصد از نمونه‌ها هم به روش الک‌بندی خشک و هم به روش الک‌بندی تر دانه‌بندی شدند و نتایج مورد مقایسه قرار گرفت. چون در نتایج دو روش اختلاف زیاد (بیش‌تر از ۱۰ درصد) مشاهده شد، برای سایر نمونه‌ها از روش الک‌بندی تر استفاده گردید.

حفرشده شامل تعداد افق‌های مربوط به هر پروفیل و سطح هر افق را نشان می‌دهد.

حفر پروفیل‌ها و نمونه‌برداری عمقی به روشی که ذکر شد انجام گردید، شکل ۲ نقاط حفر پروفیل و حوضه بالادست آن‌ها و جدول ۲ مشخصات تکمیلی پروفیل‌های



شکل ۲. نقشه محل حفر پروفیل‌ها و حوضه بالادست آن‌ها

جدول ۲. مشخصات تکمیلی پروفیل‌های حفرشده در منطقه

پروفیل	عمق پروفیل (cm)	شماره افق	عمق افق (cm)
--------	-----------------	-----------	--------------

۲۰	۱		
۳۵	۲		
۲۰	۳	۱۵۰	۱
۳۰	۴		
۳۰	۵		
۱۵	۶		
۲۰	۱		
۳۰	۲		
۲۰	۳	۱۵۰	۲
۲۰	۴		
۶۰	۵		
۴۰	۱		
۳۰	۲	۱۵۰	۳
۸۰	۳		
۵۰	۱		
۳۰	۲	۲۵۰	۴
۱۷۰	۳		

شاخص PNPI بود که سال‌های مختلف را به خوبی تفکیک کرد. شاخص درصد از نرمال بارندگی (PNPI) یکی از ساده‌ترین سنج‌های خشک‌سالی در یک مکان است. مفهوم اساسی این شاخص تقسیم میزان بارش واقعی بر میزان بارش نرمال است و تنها عامل مورد نیاز جهت محاسبه آن میزان بارش است.

۳. نتایج

جدول ۳ خلاصه نتایج حاصل از دانه‌بندی رسوبات افق‌های مختلف در پروفیل‌های چهارگانه را نشان می‌دهد. جدول ۴ نتایج استفاده از شاخص PNPI جهت تعیین دوره‌های پرآبی و کم‌آبی را نشان می‌دهد. شکل ۳ لوگ رسوب مربوط به پروفیل‌های حفر شده را نشان می‌دهد.

از سوی دیگر آمار درازمدت بارندگی (آمار ۴۵ ساله) از اداره هواشناسی زنجان جهت بررسی پرآبی و کم‌آبی تهیه گردید. از روش‌هایی مانند PNPI^۱، RAI، NITCHE و Z-SCORE (SPI)، دوره‌های پرآبی و کم‌آبی تعیین شدند. در اینجا دو مشکل وجود داشت: یکی اختلاف بین اعداد به‌دست آمده از روش‌های ذکر شده بود و دیگری اینکه اکثر روش‌ها چندین طبقه برای پرآبی‌ها و کم‌آبی‌ها بیان کرده‌اند حال آنکه در اینجا بایستی از روشی استفاده می‌شد که فقط ۳ طبقه برای سال‌های مختلف پرآبی و کم‌آبی ارائه کند زیرا هدف این بود که رسوبات دانه‌درشت به تر سالی‌ها و رسوبات ریزدانه به خشک‌سالی‌ها نسبت داده شود، لذا نیازی نبود که شاخص مورد استفاده طبقات مختلف پرآبی و کم‌آبی را ارائه نماید. با مرور و جستجو در منابع به یک نتیجه کلی رسیده شد و آن هم استفاده از

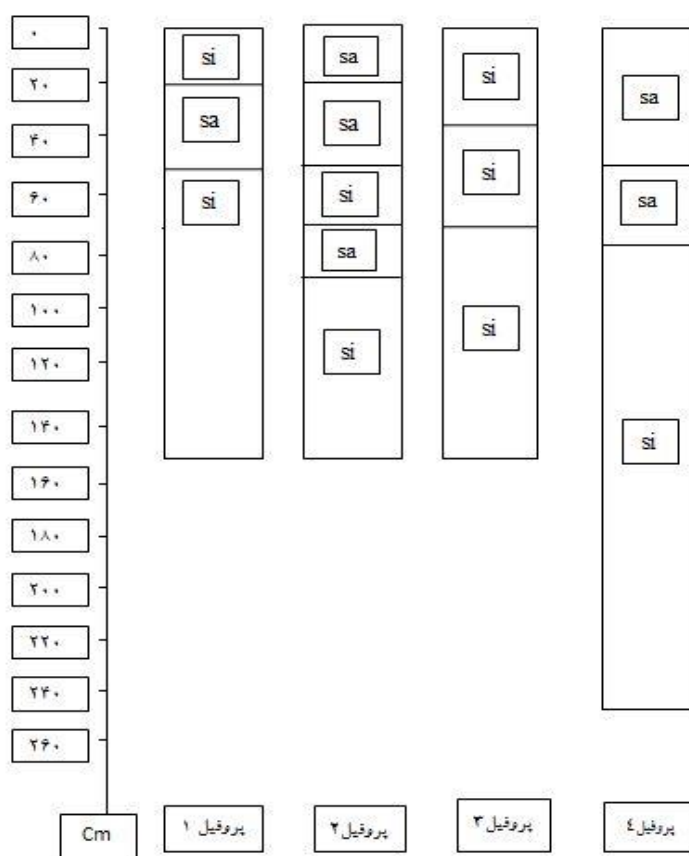
^۱ Percent of Normal Precipitation Index

جدول ۳. خلاصه اطلاعات دانه‌بندی رسوبات

پروفیل	افق	نام رسوب	بافت	میانگین (میکرون)	میانه (D_{50}) (میکرون)	نما (میکرون)	جورشدگی	چولگی	کشیدگی
۱۱	۱	سیلت خیلی ریزدانه با گراول ریز	گل گراولی	۱۳۶۸/۷	۲۵/۳۹	۳/۰۰	بسیار ضعیف	شدیداً به سمت ذرات دانه‌درشت	بسیار پهن
	۲	ماسه درشت با سیلت خیلی ریز و گراول ریز	ماسه گلی گراولی	۱۶۱۱/۷	۶۸۴/۶	۸۹۰/۰	بسیار ضعیف	به سمت ذرات دانه‌ریز	کشیده
	۳	سیلت خیلی ریز با ماسه ریز و کمی گراول ریز	گل ماسه‌ای کمی گراولی	۱۱۴/۴	۱۱/۲۲	۳/۰۰	بسیار ضعیف	شدیداً به سمت ذرات دانه‌درشت	بسیار پهن
	۴	سیلت خیلی ریز با کمی گراول خیلی ریز	گل کمی گراولی	۲۷/۲۹	۳/۵۶۱	۳/۰۰	ضعیف	شدیداً به سمت ذرات دانه‌درشت	متوسط
	۵	سیلت خیلی ریز با ماسه خیلی ریز و کمی گراول ریز	گل ماسه‌ای کمی گراولی	۱۰۳/۶	۱۵/۲۹	۳/۰۰	بسیار ضعیف	به سمت ذرات دانه‌درشت	بسیار پهن
	۶	ماسه درشت‌دانه با سیلت ریز و گراول ریز	ماسه گلی گراولی	۱۲۸۰/۷	۲۳۲/۰	۸۹۰/۰	بسیار ضعیف	متقارن	پهن
۲۲	۱	ماسه درشت با سیلت و گراول خیلی ریز	ماسه گلی گراولی	۵۵۱/۹	۱۰۳/۴	۳/۰۰	بسیار ضعیف	به سمت ذرات دانه‌ریز	بسیار پهن
	۲	ماسه درشت با سیلت و گراول خیلی ریز	ماسه گلی گراولی	۱۶۹۴/۷	۶۰۹/۶	۶۰۰۰	شدیداً ضعیف	شدیداً به سمت ذرات دانه‌ریز	پهن
	۳	سیلت خیلی ریز با ماسه ریز و کمی گراول ریز	گل ماسه‌ای کمی گراولی	۱۸۳/۰	۲۲/۲۴	۳/۰۰	بسیار ضعیف	به سمت ذرات درشت‌دانه	بسیار پهن
	۴	ماسه ریز با سیلت خیلی ریز و کمی گراول خیلی ریز	ماسه گلی کمی گراولی	۲۸۵/۲	۸۷/۶۳	۳/۰۰	بسیار ضعیف	به سمت ذرات دانه‌ریز	بسیار پهن
	۵	سیلت خیلی ریز با ماسه ریز و کمی گراول ریز	گل ماسه‌ای کمی گراولی	۸۳/۳۱	۸/۴۹۵	۳/۰۰	بسیار ضعیف	شدیداً به سمت ذرات دانه‌درشت	بسیار پهن
۳۳	۱	سیلت خیلی ریز با گراول خیلی ریز	گل گراولی	۵۸۹/۱	۲۷/۲۹	۳/۰۰	بسیار ضعیف	به سمت ذرات دانه‌درشت	بسیار پهن
	۲	سیلت خیلی ریز با گراول ریز	گل گراولی	۱۱۳۹/۳	۲۹/۱۶	۳/۰۰	شدیداً ضعیف	شدیداً به سمت ذرات دانه‌درشت	بسیار پهن
	۳	سیلت خیلی ریز با گراول ریز	گل گراولی	۸۲۵/۷	۲۶/۵۸	۳/۰۰	بسیار ضعیف	شدیداً به سمت ذرات دانه‌درشت	پهن
۴۴	۱	ماسه خیلی ریز با سیلت خیلی ریز و کمی گراول ریز	ماسه گلی کمی گراولی	۲۷۹/۰	۱۰۸/۵	۱۱۲/۵	بسیار ضعیف	به سمت ذرات دانه‌ریز	بسیار کشیده
	۲	ماسه ریز با سیلت خیلی ریز و گراول ریز	ماسه گلی گراولی	۶۴۱/۹	۱۹۰/۳	۲۲۵/۰	بسیار ضعیف	به سمت ذرات دانه‌ریز	بسیار کشیده
	۳	سیلت خیلی ریز با گراول ریز	گل ماسه‌ای	۴۸/۵۵	۳۹/۳۵	۳/۰۰	بسیار ضعیف	به سمت ذرات	بسیار پهن

جدول ۴. نتایج شاخص PNPI جهت تعیین دوره‌های پرآبی و کم‌آبی

سال	بارندگی سالانه (میلی‌متر)	مقادیر شاخص PNPI	نوع سال از نظر پرآبی و کم‌آبی
۱۳۸۴	۳۷۳/۵	۱۲۳/۳۵	پرآبی
۱۳۸۵	۲۰۷/۸	۶۸/۳۶	کم‌آبی
۱۳۸۶	۳۶۷/۵	۱۱۸/۰۶	پرآبی
۱۳۸۷	۱۵۲/۳	۵۰/۳۰	کم‌آبی
۱۳۸۸	۳۶۵	۱۱۷/۲۴	پرآبی
۱۳۸۹	۲۳۳/۱	۷۶/۹۸	کم‌آبی
۱۳۹۰	۳۶۵/۹	۱۲۰/۸۴	پرآبی



راهنمای شکل: Sa: ماسه Si: سیلت
 شکل ۳. لوگ رسوب مربوط به پروفیل‌های حفر شده

می‌شوند. دلیل این امر ریزدانه بودن رسوبات منطقه مورد مطالعه است. پس از تطبیق داده‌های هواشناسی و نتایج حاصل از دانه‌بندی رسوبات، وقایع نگاری رسوبات انجام شد که نتایج آن در جدول ۵ قابل مشاهده است.

وقتی نتایج دانه‌بندی با داده‌های اقلیمی منطقه مقایسه شد، افق‌هایی که از درصد بالای ماسه تشکیل شده‌اند به سال‌های پرآبی و افق‌هایی که دارای نسبت بالایی از سیلت هستند به سال‌های کم‌آبی نسبت داده

جدول ۵. نتایج مربوط به تطبیق داده‌های هواشناسی و نتایج دانه‌بندی جهت وقایع نگاری رسوبات

سن رسوبات	کم آبی / پرآبی (شاخص PNPI)	کم آبی / پرآبی (بافت رسوب)	سطح افق‌ها (cm)	شماره افق	عمق پروفیل (cm)	پروفیل
۱۳۸۹ تا ۱۳۹۰	کم آبی	کم آبی	۲۰	۱	۱۵۰	۱
۱۳۸۸ تا ۱۳۸۹	پرآبی	پرآبی	۳۵	۲		
۱۳۸۷ تا ۱۳۸۸	کم آبی	کم آبی	۲۰	۳		
۱۳۸۶ تا ۱۳۸۷	پرآبی	کم آبی	۳۰	۴		
۱۳۸۵ تا ۱۳۸۶	کم آبی	کم آبی	۳۰	۵		
۱۳۸۴ تا ۱۳۸۵	پرآبی	پرآبی	۱۵	۶		
۱۳۸۹ تا ۱۳۹۰	کم آبی	پرآبی	۲۰	۱	۱۵۰	۲
۱۳۸۸ تا ۱۳۸۹	پرآبی	پرآبی	۳۰	۲		
۱۳۸۷ تا ۱۳۸۸	کم آبی	کم آبی	۲۰	۳		
۱۳۸۶ تا ۱۳۸۷	پرآبی	پرآبی	۲۰	۴		
۱۳۸۵ تا ۱۳۸۶	کم آبی	کم آبی	۶۰	۵		
۱۳۸۹ تا ۱۳۹۰	کم آبی	کم آبی	۴۰	۱	۱۵۰	۳
۱۳۸۸ تا ۱۳۸۹	پرآبی	کم آبی	۳۰	۲		
۱۳۸۷ تا ۱۳۸۸	کم آبی	کم آبی	۸۰	۳		
۱۳۸۹ تا ۱۳۹۰	کم آبی	پرآبی	۵۰	۱	۲۵۰	۴
۱۳۸۸ تا ۱۳۸۹	پرآبی	پرآبی	۳۰	۲		
۱۳۸۷ تا ۱۳۸۸	کم آبی	کم آبی	۱۷۰	۳		

۴. بحث و نتیجه گیری

تقریبی رسوبات هر یک از افق‌های پروفیل‌های چهارگانه تعیین گردید. توجه به این نکته ضروری است که در دوره‌های پرآبی رسوبات درشت‌تری انتقال می‌یابد. پس از این روش می‌توان در این منطقه جهت تعیین سن رسوبات بهره جست. البته ذکر این نکته ضروری است که رسوبات با بافت درشت‌تر یعنی ماسه که در این تحقیق به دوره‌های پرآبی نسبت داده شد، احتمال دارد در مواقع سیلابی نیز انتقال یافته باشد و به عبارتی مربوط به وقایع سیلابی باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی این نکته مد نظر قرار گیرد چرا که با داشتن سیلاب می‌توان سن‌یابی را با دقت بسیار بالایی انجام داد. سن رسوبات چهار مخزن رسوب‌گیر به شرح زیر است: رسوبات پروفیل ۱ بین سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۰، پروفیل ۲ بین سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰، پروفیل ۳ بین سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ و

هدف از تحقیق حاضر این بود که نتایج دانه‌بندی رسوبات با آمار بارندگی تطبیق داده شود و بررسی شود که آیا از طریق دانه‌بندی و به‌دست آوردن خصوصیات رسوب و تغییرات آن می‌توان سن‌یابی انجام داد یا نه. چرا که روش‌های سن‌یابی رسوبات بسیار گران‌قیمت بوده و در ایران اکثراً این روش‌ها غیر قابل دسترس می‌باشند. پس از تطبیق دادن اطلاعات، نتیجه جالب توجهی به دست آمد و آن انطباق کامل نتایج دانه‌بندی با شرایط اقلیمی منطقه و تشخیص درست دوره‌های پرآبی و کم‌آبی با استفاده از نتایج دانه‌بندی است. همان‌طوری که در جدول ۵ ملاحظه می‌شود از تعداد ۱۷ نمونه رسوب موجود، در ۱۳ نمونه نتایج حاصل از تعیین دوره‌های پرآبی و کم‌آبی با استفاده از بافت رسوبات، انطباق کامل با نتایج حاصل از شاخص PNPI دارد. بنابراین با توجه به سال احداث سازه‌ها، سن

رسوبزائی حوزه آبخیز بالادست سازه در مقاطع زمانی مختلف در دسترس است.

پروفیل ۴ بین سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ نهشته شده‌اند. با توجه به تعیین سن هر یک از افق‌ها در پروفیل‌ها، میزان

References

- [1] Arnaud, F., Magand, O., Chapron, E., Bertrand, S., Boes, X., Charlet, F. and Melieres, M.A. (2006). Radionuclide dating (210Pb, 137Cs, 241Am) of recent lake sediments in a highly active geodynamic setting (Lakes Puyehue and Icalma-Chilean Lake District). *Science of the Total Environment*, (366), 837-850.
- [2] Berger, G.W. (2009). Zeroing tests of luminescence sediment dating in the Arctic Ocean: Review and new results from Alaska-margin core tops and central-ocean dirty sea ice. *Journal of Global and Planetary Change*, (68), 48-57.
- [3] Di Gregorio, D.E., Fernandez Niello, J.O., Huck, H., Somacal, H. and Curutchet, G. (2007). 210Pb dating of sediments in a heavily contaminated drainage channel to the La Plata estuary in Buenos Aires, Argentina. *Journal of Applied Radiation and Isotopes*, (65), 126-130.
- [4] Erfurt, G. and Krbetschek, M.R. (2003). Studies on the physics of the infrared radioluminescence of potassium feldspar and on the methodology of its application to sediment dating. *Journal of Radiation Measurements*, (37), 505-510.
- [5] Esmali, A. and Abdollahi, K. (2001). *Watershed management and soil conservation*, University of Mohaghegh Ardabili Press.
- [6] Fattahi, M. and Stokes, S. (2003). Dating volcanic and related sediments by luminescence methods: A review. *Earth Science Reviews*, (62), 229-264.
- [7] Feiznia, S. (2008). *Applied sedimentology (with emphasize on soil erosion and sediment production)*, University of Gorgan Press.
- [8] Hormes, A., Blaauw, M., Dahl, S.O., Nesje, A. and Possnert, G. (2009). Radiocarbon wiggle-match dating of proglacial lake sediments – Implications for the 8.2 ka event. *Journal of Quaternary Geochronology*, (4), 267-277.
- [9] Hossain, S.M., De Corte, F., Vandenberghe, D. and Van den haute, P. (2002). A comparison of methods for the annual radiation dose determination in the luminescence dating of loess sediment. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, (490), 598-613.
- [10] Kadereit, A., Dewitt, R. and Johnson, C. (2012). Luminescence properties and optically (post-IR blue-light) stimulated luminescence dating of limnic sediments from northern Lake Malawi- Chances and limitations. *Journal of Quaternary Geochronology*, (10), 160-166.
- [11] Kershaw, P.J. (1986). Radiocarbon Dating of Irish Sea sediments, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, (23), 295-303.
- [12] Kirchner, G. (2011). 210Pb as a tool for establishing sediment chronologies: Examples of potentials and limitations of conventional dating models. *Journal of Environmental Radioactivity*, (102), 490-494.
- [13] Kotilainen, A.T., Saarinen, T. and Winterhalter, B. (2000). High-resolution paleomagnetic dating of sediments deposited in the central Baltic Sea during the last 3000 years. *Journal of Marine Geology*, (166), 51-64.
- [14] Krbetschek, M.R., Trautmann, T., Dietrich, A. and Stolz, W. (2000). Radioluminescence dating of sediments: Methodological aspects. *Journal of Radiation Measurements*, (32), 493-498.
- [15] Li, B. and Li, S.H. (2011). Luminescence dating of K-feldspar from sediments: A protocol without anomalous fading correction. *Journal of Quaternary Geochronology*, (6), 468-479.
- [16] Long, H., Lai, Z., Wang, N. and Zhang, J. (2011). A combined luminescence and radiocarbon dating study of Holocene lacustrine sediments from arid northern China. *Journal of Quaternary Geochronology*, (6), 1-9.
- [17] Madsen, A.T., Murray, A.S., Andersen, T.J. and Pejrup, M. (2007). Optical dating of young tidal sediments in the Danish Wadden Sea. *Journal of Quaternary Geochronology*, (2), 89-94.

- [18] Magand, O. and Fabien, A. (2007). Response on the comment from Ribeiro Guevara and Arribere on the article 'Radionuclide dating (Pb-210, Cs-137, Am-241) of recent lake sediments in a highly geodynamic setting (Lakes Puyehue and Icalma-Chilean Lake District). *Science of the Total Environment*, (385), 312-314.
- [19] Mauz, B., Baeteman, C., Bungenstock, F. and Plater, A.J. (2010). Optical dating of tidal sediments: Potentials and limits inferred from the North Sea coast. *Journal of Quaternary Geochronology*, (5), 667-678.
- [20] O'Reilly, J., León Vintró, L., Mitchell, P.I., Donohue, I., Leira, M., Hobbs, W. and Irvine, K. (2011). 210Pb-dating of a lake sediment core from Lough Carra (Co. Mayo, western Ireland): Use of paleolimnological data for chronology validation below the 210Pb dating horizon. *Journal of Environmental Radioactivity*, (102), 495-499.
- [21] Ohkouchi, N. and Eglinton, T.I. (2008). Compound-specific radiocarbon dating of Ross Sea sediments: A prospect for constructing chronologies in high-latitude oceanic sediments. *Journal of Quaternary Geochronology*, (3), 235-243.
- [22] Palmer, W.C. (1965). Meteorological drought, U. S. Dept. of Commerce Weather Bureau Research Paper 45-58 pp.
- [23] Refahi, H. (2006). Water erosion and its control, University of Tehran Press.
- [24] Reimann, T., Naumann, M., Tsukamoto, S. and Frechen, M. (2010). Luminescence dating of coastal sediments from the Baltic Sea coastal barrier-spit Darss-Zingst, NE Germany. *Journal of geomorphology*, (122), 264-273.
- [25] Safarishad, M., Ilderemi, A., Taheri, M. and Kardan, G. (2012). Drought study of Garechai and Karkhe Drainage Basins using SPI index. 3th Student Conference on Rangeland, Watershed and Desert, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.
- [26] Samadi Arghini, H. (2013). Sediment dating and determination of specific sediment by sampling of sediment profiles (case study: Hasan Abdal, Zanjan Drainage Basin). Watershed Management M.Sc. Seminar, University of Tehran.
- [27] Sanderson, D., Bishop C.W., Stark, P., Miriam, A. and Sally, P.D. (2007). Luminescence dating of canal sediments from Angkor Borei, Mekong Delta, Southern Cambodia. *Journal of Quaternary Geochronology*, (2), 322-329.
- [28] Sharifi, P. (2011). Sediment dating and determination of specific sediment by sampling of sediment profiles (case study: A₁ and B₁ Subcatchments of Geshlagh Dam Catchment, Sanandaj). Watershed management M.Sc. Seminar, University of Tehran.
- [29] Tang, Z., Engel, B.A., Pijanowski, B.C. and Lim, K.J. (2005). Forecasting land use change and its environmental impact at a watershed scale. *Journal of Environmental Management*, (76), 35-45.
- [30] Ugur, A., Miquel, J.C., Fowler, S.W. and Appleby, P. (2003). Radiometric dating of sediment cores from a hydrothermal vent zone off Milos Island in the Aegean Sea. *The Science of the Total Environment*, (307), 203-214.
- [31] Wang, P., Jiang, H., Yuan, D., Liu, X. and Zhang, B. (2010). Optically stimulated luminescence dating of sediments from the Yellow River Terraces in Lanzhou: Tectonic and climatic implications. *Journal of Quaternary Geochronology*, (5), 181-186.
- [32] Zhang, J.F., Fan, C.F., Wang, H. and Zhou, L.P. (2007). Chronology of an oyster reef on the coast of Bohai Bay, China: Constraints from optical dating using different luminescence signals from fine quartz and polymineral fine grains of coastal sediments. *Quaternary Geochronology*, (2), 71-76.

