

بررسی عوامل مؤثر در نمونه‌برداری جهت سن‌یابی به روش لومینسانس نوری

مرتضی فتاحی^{۱*}

^۱دانشیار، گروه زلزله‌شناسی، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران

(دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۰۲، پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۷)

چکیده

در چهل سال گذشته، سن‌یابی به روش لومینسانس تحریک‌شده با نور که زمان آخرین نورخوردگی رسوب و صفر شدن سیگنال لومینسانس را در رسوب به‌طور مستقیم تعیین می‌کند، به ابزاری اصلی برای تعیین قدمت رسوبات تبدیل شده است. این روش که امروزه در جهان جایگاهی ویژه در علوم کواترنر یافته است، کاربردهای وسیعی در ایران دارد و به‌مرور، استفاده از آن جهت تعیین زمان وقوع زلزله‌های دیرین، نرخ لغزش گسل‌ها، دوره بازگشت زلزله، دوران‌های گذشته آب‌وهوایی شامل دوران‌های خشکسالی و مرطوب و همچنین تعیین زمان ساخت تأسیسات باستانی و رشد تمدن ایران گسترش یافته است. هرچه دقت سن‌یابی بیشتر باشد، دقت تفسیرهای ناشی از سن افزایش می‌یابد. نمونه‌برداری دقیق از محل مناسب، دو عامل اصلی جهت به‌دست‌آوردن سن دقیق حادثه مورد نظر است. اگرچه با توجه به هدف، محیط و موقعیت نمونه‌برداری، راهبردهای گوناگونی برای نمونه‌برداری وجود دارد، در هنگام نمونه‌برداری ضروری است مبانی و اصول مربوطه در نظر گرفته شود. از جمله این راهبردها، وقوف کافی نسبت به فرضیه‌های مطالعه، منبع و تاریخچه رسوبات، وجود کوارتز یا فلدسپات پتاسیم در رسوبات، نقش نور، نقش رطوبت، اطمینان از نبود اغتشاش زیستی در خاک و رسوب و وجود تعادل رادیواکتیو در اطراف نمونه است. برای متأثر نشدن نمونه از عواملی همچون صفر شدگی ناقص در زمان دفن رسوب و جابه‌جا شدن دانه‌ها با جانوران در دوران دفن رسوب، ضروری است دقت لازم رعایت شود.

واژه‌های کلیدی: سن‌یابی، نمونه‌برداری، لومینسانس نوری، انتخاب محل

۱ مقدمه

لومینسانس به معنای تابش نور سرد با طول موج‌های خاص شامل نور مرئی (قرمز تا بنفش) است. سن‌یابی به روش لومینسانس روشی برای تعیین سن مطلق است که به‌طور مستقیم، آخرین زمانی را تعیین می‌کند که نمونه در اثر یک حادثه طبیعی (مثل زلزله، آتشفشان، سیل و سونامی) یا به دست بشر (همچون ساخت دیوار، سد، خشت یا آجر) نور خورده یا در دمای بیش از ۳۵۰ درجه سانتیگراد گرم شده است. با دریافت اشعه از عناصر رادیواکتیو موجود در طبیعت از جمله اورانیوم، توریم، پتاسیم ۴۰ و اشعه کیهانی، اتم‌های کانی‌هایی چون کوارتز و فلدسپار موجود در نمونه (مانند رسوبات یا مصنوعات)، در هنگام دفن در زمین یونیزه می‌شوند؛ یعنی (در ساده‌ترین مدل می‌توان گفت) الکترون‌ها از اتم جدا و در تله‌ها اسیر می‌شوند و به جای آنها به اصطلاح یک حفره باقی می‌ماند. با گذر زمان، تعداد الکترون‌های اسیر افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، انرژی ناشی از یونیزاسیون به‌صورت انباشت الکترون در تله‌ها ذخیره می‌شود تا اینکه در اثر یک حادثه در طبیعت (مثل زلزله)، در معرض نور خورشید قرار می‌گیرند. الکترون‌های انباشته‌شده در تله‌ها، با تحریک نور یا گرمای بیش از ۳۵۰ درجه سانتیگراد از تله خارج می‌شوند و لومینسانس تولید می‌کنند. به این ترتیب ساعت لومینسانس دانه‌های کوارتز یا فلدسپار داخل کانی‌ها صفر می‌شود. پس از دفن شدن، نمونه دوباره تحت تأثیر اشعه‌های رادیواکتیو محیط قرار می‌گیرد. فرایند توضیح داده‌شده، تکرار و انرژی ناشی از یونیزاسیون به‌صورت انباشت الکترون در تله‌ها ذخیره می‌شود. نمونه در آزمایشگاه، تحریک و لومینسانس حاصله اندازه‌گیری می‌شود. اگر لومینسانس در اثر تحریک با گرما ایجاد شود، لومینسانس گرمایی (Thermoluminescence, TL) و اگر در اثر تحریک با نور ایجاد شود، لومینسانس نوری (Optically Stimulate Luminescence, OSL) نامیده

می‌شود که شامل لومینسانس تحریک‌شده با فرسوخ (Infrared Stimulated Luminescence, IRSL) و لومینسانس تحریک‌شده با فرابنفش نیز هست. میزان سیگنال لومینسانس به‌طور مستقیم با دوز تابش یونیزاسیون متناسب است که به اصطلاح به آن دوز دیرینه گفته می‌شود. با اندازه‌گیری نرخ دوز (نرخ تابش دوز یونیزاسیون دریافت‌شده در نمونه) و تقسیم دوز دیرینه بر نرخ دوز، سن نمونه محاسبه می‌شود. در ایران به دلیل شرایط ویژه آب‌وهوایی، جغرافیایی، زمین‌ساختی و باستانی، سن‌یابی به روش لومینسانس کاربردهای وسیعی در باستان‌شناسی، زمین‌شناسی، جغرافیا، تخمین خطرهای طبیعی، دیرینه‌زلزله‌شناسی، دیرینه‌اقليم‌شناسی و ... دارد.

روش لومینسانس گرمایی زمان آخرین گرم‌شدگی را تعیین می‌کند و لذا برای سن‌یابی زمان ساخت آجر و سرامیک و زمان سرد شدن مواد آتشفشانی و وقوع آتشفشان‌ها ایدئال است، اما کاربردهایش به این موارد محدود نیست. در سال ۱۳۷۴، خانم دکتر بحرالعلومی در پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی فرهنگی، آزمایشگاه ترمولومینسانس را راه‌اندازی کرد و استفاده از این روش در ایران به‌ویژه در باستان‌شناسی گسترش یافت (بحرالعلومی و همکاران، ۱۳۹۱؛ بحرالعلومی و عظیمی، ۱۳۹۳، ۱۳۹۶؛ رستمی مهربان و همکاران، ۱۳۹۱؛ اشرفی و همکاران، ۲۰۱۰ و بازگیر و همکاران، ۲۰۱۷).

روش لومینسانس نوری زمان آخرین نورخوردگی (یا گرم‌شدگی) را تعیین می‌کند و لذا برای سن‌یابی رسوبات و خاک ایدئال است، اما کاربردهایش به این موارد محدود نیست. در ایران در طول بیست سال گذشته، از روش لومینسانس نوری در مطالعات دیرینه‌زلزله‌شناسی (برای مثال نظری و همکاران، ۲۰۰۹؛ فروتن و همکاران، ۲۰۱۲؛ قاسمی و همکاران، ۲۰۱۴؛ فتاحی، ۲۰۱۴؛ هولینگر و همکاران، ۲۰۱۰؛ واکر و همکاران، ۲۰۱۳؛ طالیان و همکاران، ۲۰۱۶؛ فتاحی و همکاران، ۲۰۰۶، ۲۰۰۷، ۲۰۰۹،

بوده است؛ لذا آموخته‌ها و تجربیات شخصی نگارنده در هنگام عملیات صحرایی مربوطه، بخش مهمی از روش تحقیق این مطالعه است. جهت ارائه شواهد، از شکل‌های مختلفی بهره گرفته شده است که در مقالات پیشین حاصل از مطالعات موردی منتشر شده است.

۳ عملیات صحرایی

۳-۱ انتخاب محل مناسب برای نمونه‌برداری

انتخاب محل مناسب جهت نمونه‌برداری به هدف یا فرضیه‌های مطالعه بستگی دارد. هدف در دیرینه‌اقلیم‌شناسی، معمولاً یافتن نشانه‌های تغییر شکل سطح زمین ناشی از آب‌وهوا است. این نشانه‌ها شامل انواع رسوبات بادی و آبی در بیابان‌ها، صحراها، مخروط افکنه‌ها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و یخچال‌ها است. هدف در باستان‌شناسی، معمولاً یافتن آثار باستانی و جمع‌آوری نظام‌مند مواد فرهنگی مثل سکونت‌گاه‌ها، سدها، پل‌ها، دیوارهای دفاعی و ... است. هدف در دیرینه‌زلزله‌شناسی، اغلب یافتن نشانه‌های زمین‌لرزه‌های گذشته و گسل‌های فعال است که می‌تواند به صورت تغییر شکل سطح زمین ناشی از گسلش در محل برخورد گسل با سطح زمین یافت شود یا در اثر انرژی آزاد شده در زلزله باشد. این نشانه‌ها می‌تواند به صورت پرتگاه‌های گسلی، تراس‌های رودخانه‌ای و ساحلی، آبگیرها، مانداب‌های جزرومندی، رودخانه‌هایی با تغییر محل جانبی، زمین‌لغزش‌ها، سنگواریزه‌ها، اشکال آبگونگی، رسوبات سونامی و ... نمود داشته باشد. برخی اوقات آب‌وهوا و زمین‌لرزه تغییر شکل‌های مشابهی مثل تراس‌ها و زمین‌لغزش‌ها ایجاد می‌کنند. نشانه بارز تغییر شکل لرزه‌ای آن است که به صورت لحظه‌ای و آنی (از دیدگاه زمین‌شناسی) در حین زلزله (همالرز) یا پس از یک زمین‌لرزه شکل می‌گیرد و معمولاً از اشکال ناهمالرز شکل گرفته با فرایندهای ناهمالرزی مانند رسوب‌گذاری و فرسایش مجزا می‌شود.

۲۰۱۱ الف، ب، ۲۰۱۴، ۲۰۱۵؛ امینی و همکاران، ۱۳۹۰؛ و فتاحی و واکر، ۲۰۰۷)، دیرینه‌اقلیم‌شناسی (برای مثال فتاحی، ۲۰۱۵؛ خسروی چنار و همکاران، ۱۳۹۸، ۲۰۲۰؛ فتاحی و مهرشاهی، ۱۳۹۷ الف، ب؛ فتاحی و همکاران، ۱۳۹۸، ۲۰۰۶، ۲۰۱۱، ۲۰۱۵، ۲۰۱۶) و باستان‌شناسی ایران (برای مثال عمرانی و همکاران، ۲۰۰۸؛ کویگلی و همکاران، ۲۰۱۱؛ شمیت و همکاران ۲۰۱۱؛ شونینگر و فتاحی، ۲۰۱۳؛ فتاحی و همکاران، ۱۳۹۴؛ رستمی مهربان و همکاران ۱۳۹۱؛ و حیدری و فتاحی، ۱۳۹۵) استفاده شده است.

پس از راه‌اندازی آزمایشگاه ملی سن‌یابی به روش لومینسانس نوری در مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۸، پژوهشگران بیشتری اقدام به نمونه‌برداری و ارسال نمونه رسوبی برای سن‌یابی کردند که برخی نمونه‌برداری‌های انجام شده با دقت‌های علمی مورد نظر تطبیق کامل نداشته است. این مقاله ابتدا نحوه یافتن و انتخاب محل مناسب نمونه‌برداری را توضیح می‌دهد. سپس به بررسی انواع روش‌های مناسب و وسایل مورد نیاز جهت نمونه‌برداری می‌پردازد. در خاتمه درباره اهمیت داشتن راهبرد و وقوف کامل بر اصول سن‌یابی به روش لومینسانس نوری و مبانی نمونه‌برداری بحث می‌کند.

۲ روش پژوهش

در این مطالعه روش پژوهش بر اساس مرور مقالات منتشر شده، عملیات صحرایی، فرایندهای آزمایشگاهی و استفاده از مطالعات موردی در ایران است. در بیشتر مقالاتی که درباره استفاده از روش‌های سن‌یابی لومینسانس منتشر شده است، نحوه انتخاب محل و روش برداشت نمونه و دوزیمتری به کاررفته در آن مقاله توضیح داده شده است. اغلب پژوهش‌های انجام شده در این باره (به گواهی فهرست نویسندگان مقالات چاپ شده مرتبط) نمایانگر کار گروهی با تخصص‌های مختلف در هر مطالعه

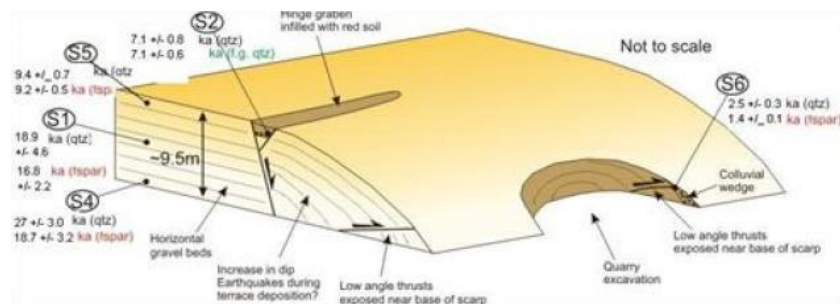
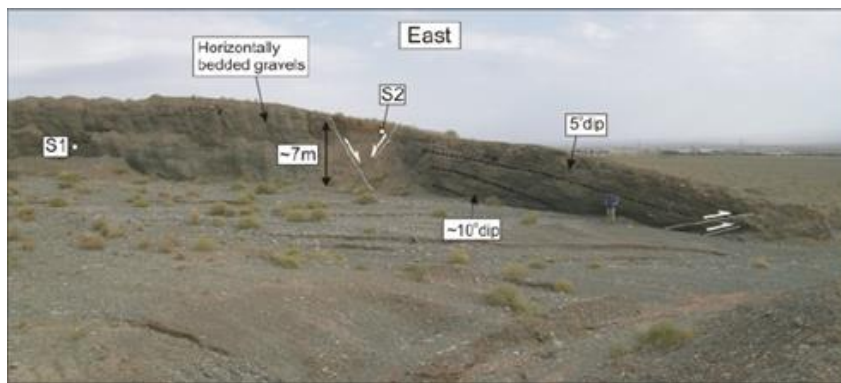
۲-۳ استفاده از ترانشه

ترانشه امکان مشاهده و دسترسی به لایه‌ها، واحدها، مرزبندی بین لایه‌ها و واحدهای مختلف را فراهم و نحوه ارتباط آنها را با یکدیگر تعیین می‌کند. تعیین سن لایه‌های تمدن و سکونت انسان‌ها در یک تپه فرهنگی یا تعیین نرخ لغزش گسل و دوره بازگشت زلزله و تخمین شدت و زمان وقوع زلزله بعدی که ممکن است یک گسل مسبب آن باشد نیز از دیگر کاربردهای ترانشه است.

برای کاهش هزینه و زمان، بهتر است از ترانشه‌های ازپیش‌موجود مانند دیواره‌های ایجادشده هنگام ساخت جاده یا بهره‌برداری از معادن استفاده شود؛ برای مثال دیواره-ترانشه‌ای که معدن‌کاران در سبزوار در محل گسل سبزوار ایجاد کرده‌اند، این گسل را به‌وضوح نشان می‌دهد. این ترانشه موقعیتی بسیار مناسب را برای شناسایی گسل و نمونه‌برداری فراهم کرد (شکل ۱).

روش‌های نمونه‌برداری با توجه به اینکه هدفی که سن‌یابی می‌شود در سطح زمین باشد یا در زیر آن، به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند: روش‌های نمونه‌برداری سطحی و چینه‌نگاری.

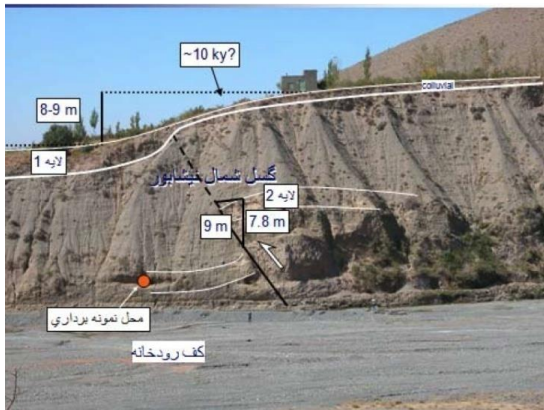
پژوهش جهت تعیین محل عوارض سطحی که در اثر حوادث دیرینه ایجاد شده است، از بررسی منطقه (ده‌ها هزار کیلومتر مربع) و ناحیه (هزاران کیلومتر مربع) آغاز و به مقیاس‌های محلی (چند کیلومتر مربع) و کوچک (از یک هکتار تا چند متر مربع) ختم می‌شود (خسروی‌چنار و همکاران، ۲۰۲۰ و ترابی و همکاران، ۲۰۲۰). روش‌های چینه‌نگاری در پی یافتن شواهد مدفون هستند. بسیاری از شواهد حوادث دیرینه، از جمله نشانه‌ها و آثار دوران‌های آب‌وهوایی (خشک یا تر)، آثار تمدن، شواهد زلزله‌های دیرین و آثار حرکت گسل، در زیر زمین دفن هستند. استفاده از ژئوفیزیک، حفر گودال، ترانشه‌زنی و کرگیری موجب اطلاع یافتن از این شواهد مدفون می‌شود.



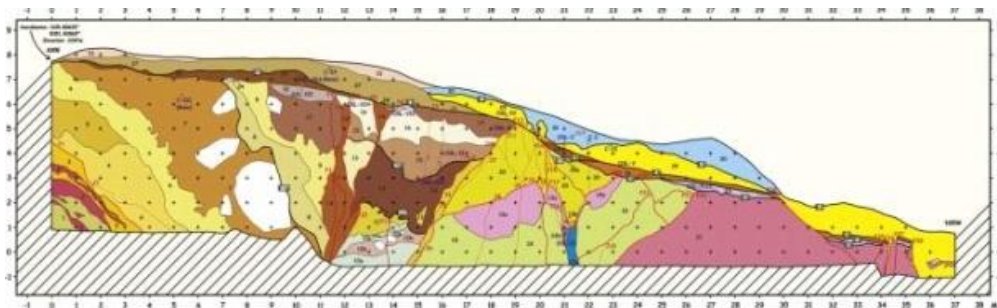
شکل ۱. گسل سبزوار. شکل بالا عکس و شکل پایین، کارتن قسمتی از معدنی را در سبزوار نشان می‌دهد که آثار گسلی در آن کاملاً عیان است. محل شش نمونه برداشت‌شده از گسل سبزوار و سن‌های آنها در این شکل نشان داده شده است (برگرفته از فتاحی و همکاران، ۲۰۰۶).

مثال آثار گسل معکوس نیشابور در ترانشه‌ای که رودخانه ایجاد کرده است، به‌وضوح دیده می‌شود و می‌توان نمونه‌برداری کرد (شکل ۲، سمت). همچنین در روستای ایرا، در شمال شرق تهران، ترانشه ایرا را رودخانه ایجاد و موقعیت بسیار مناسبی برای نمونه‌برداری فراهم کرده است. آثار گسلش روی این ترانشه عیان است (شکل ۳).

هدف در بسیاری از موارد، مطالعه یک تپه فرهنگی یا یک پرتگاه است. در این مواقع ترانشه تقریباً آماده است. در مطالعاتی که در بزم صورت گرفت، نگارنده از پرتگاه گسلی بزم-بروات سه نمونه برداشت کرد (شکل ۲، سمت راست). گاهی زمین به‌طور طبیعی با رودخانه بریده شده است و دیواره‌های ایجادشده مشابه ترانشه هستند؛ برای



شکل ۲. (سمت راست) (قسمتی از پرتگاه گسل بزم-بروات را نشان می‌دهد که از آن سه نمونه برداشت شد. (سمت چپ) گسل شمال نیشابور که باعث جابه‌جایی لایه ۲ شده است (برگرفته از فتاحی و همکاران، ۱۳۹۰).



شکل ۳. ترانشه ایرا. (بالا) عکس (پایین) نگاره گسل (برگرفته از قاسمی و همکاران، ۲۰۱۴).

معکوس می‌توانند در اثر زلزله ایجاد کنند، محل‌های مناسبی برای نمونه‌برداری به قصد سنجایی زلزله‌های دیرین هستند. برای ارائه اطلاعات نگاره یک ترانسه به خوانندگان، اجزای نقشه باید طوری تعیین شوند که بیشترین تأکید بر مراحل تغییرشکل، رسوب‌گذاری و فرسایش باشد (شکل ۳).

پس از انتخاب محل مناسب جهت نمونه‌برداری با توجه به هدف یا فرضیه‌های مطالعه، عملیات تدارکاتی برای نمونه‌برداری انجام و وسایل مورد نیاز به محل برده می‌شود. معمولاً هدف نمونه‌برداری، تعیین سن لایه‌های رسوبات و به‌ویژه لایه سطحی است؛ برای مثال در دیرینه‌زلزله‌شناسی، عارضه جابه‌جاشده یا ایجادشده با فعالیت گسل بررسی می‌شود.

۳-۳ وسایل مورد نیاز جهت نمونه‌برداری

وسایل لازم جهت نمونه‌برداری برای سنجایی لومینسانس نوری عبارت‌اند از (جدول ۱ و شکل ۴):

(الف) لوله‌های فلزی. یک سر این لوله‌ها تیز است و یونولیت داخل آنها وجود دارد. در سمت دیگر لوله، سرپیچ قرار دارد. قطر لوله‌ها حدود ۵ تا ۸ سانتیمتر و طولشان ۲۵ سانتیمتر است. این لوله‌ها به‌وفور موجودند و به‌سادگی یک سمت آنها تیز و سمت دیگر رزوه می‌شود؛



شکل ۴. ابزارهای لازم برای نمونه‌برداری جهت سنجایی لومینسانس نوری

در نبود ترانسه، به‌ناچار ترانسه‌زنی انجام می‌شود. انتخاب مکان جهت حفر ترانسه نیز به هدف یا فرضیه‌های مطالعه بستگی دارد. ایدئال آن است که بیشترین اطلاعات جهت دیرینه‌زلزله‌شناسی، دیرینه‌اقلیم‌شناسی و دیرینه‌باستان‌شناسی، از ترانسه استخراج شود. در دیرینه‌شناسی بهترین مکان برای ترانسه‌زنی جایی است که آثار حوادث دیرینه مورد نظر را بتوان مشاهده و نمونه‌برداری کرد؛ برای مثال در دیرینه‌زلزله‌شناسی، بهترین مکان برای ترانسه‌زنی جایی است که آثار گسل‌ها و جابه‌جایی‌هایی که گسل ایجاد کرده است و شواهد زلزله‌های دیرین را بتوان مشاهده و نمونه‌برداری کرد.

به‌هرحال چه ترانسه موجود باشد و چه احداث شود، اغلب عملیات آماده‌سازی برای تهیه نگاره از ترانسه انجام می‌شود (شکل ۳). واحدها (اجزای رسوبات) بر اساس سنگ‌شناسی و چگونگی هوازدهی مشخص می‌شوند. واحدهای سنگ‌شناسی بر اساس خصوصیات رسوبی شامل دانه‌بندی و ساختار نوع بستر، نوع، ساختار و رنگ متمایز می‌شوند. مرز لایه‌ها در لایه‌هایی که پیوستگی زیادی دارند، اغلب با حک کردن یک خط با چاقو یا کناره ماله ایجاد و در لایه‌های ناپیوسته با کوبیدن میخ و وصل کردن نخ‌های رنگی در طول مرز تماس مشخص می‌شود. در نگاره ترانسه (با هدف دیرینه‌زلزله‌شناسی)، مشخصات زمین‌ساختی مانند گسل‌ها، ترک‌ها و مشخصه‌های روانگرایی با خط پهن، لایه‌های سنگ‌شناسی با خط نازک‌تر و مرز افق‌های خاک و مرزهای رخساره‌ها در واحدهای رسوبی با خطوط خیلی نازک یا خط‌چین مشخص می‌شود. مشخصه‌های تغییرشکل‌یافتگی، از مشخصه‌های مهم در ترانسه هستند. در اغلب تشکیلات پرتگاهی گسلی، مواد سست از پرتگاه جدا می‌شوند و در دامنه پرتگاه تجمع می‌یابند و اشکال گوه‌ای را به‌وجود می‌آورند که به آنها گوه واریزه‌ای (colluvial wedge) می‌گویند. این گوه‌ها را که گسل‌های نرمال و

جدول ۱. ابزار نمونه گیری و ویژگی ها.

ابزار نمونه گیری	کاربرد
۱ ماله	تسطیح لایه برای نمونه برداری
۲ لوله فلزی که یک سر آن تیز باشد	برداشت نمونه رسوب
۳ ماژیک سیاه	نوشتن مشخصات نمونه روی لوله و پوشش نمونه
۴ یونولیت	جلوگیری از مخلوط شدن دانه های نور نخورده از دانه های نور خورده
۵ چوب محکم	جلوگیری از آسیب رساندن چکش به لوله فلزی
۶ چکش	ضربه زدن به لوله و فرو کردن در رسوبات
۷ ورقه آلومینیومی	محافظت رسوبات از نور و گرما
۸ نوارچسب ضد نور	پوشش و محکم کردن دو سر لوله فلزی
۹ کیسه نایلونی مشکی	محافظت رسوبات از نور
۱۰ برچسب	نوشتن مشخصات نمونه و چسباندن روی پوشش نمونه
۱۱ کیسه زیپ دار	جمع آوری نمونه نرخ دوز و رطوبت
۱۲ متر	اندازه گیری عمق (ارتفاع از سطح)، اندازه گیری لایه ها
۱۳ جی پی اس	اندازه گیری ارتفاع از سطح دریا و موقعیت سنجی
۱۴ قیچی	بریدن چسب

رسوبات نرم تر و لوله فولادی برای چکش زدن داخل انواع لایه های رسوبی مناسب است. اگر لایه نازک باشد و لوله نسبت به لایه بیش از حد بزرگ باشد و نتواند هدف نازک را نمونه برداری کند یا در واحد هدف، سنگ های درشتی موجود باشند که مانع فرو رفتن لوله داخل دیواره (با چکش و پتک زدن) شوند یا رسوبات سیمانی باشند و نمونه گیری با استفاده از یک لوله غیرممکن شود، دو گزینه وجود دارد: جمع آوری دستی رسوبات و استخراج یک بلوک. پس از مشخص شدن مکان نمونه برداری مورد نظر و در نظر گرفتن شرایطی که در بخش قبلی بحث شد، نمونه برداری آغاز می شود.

۳-۴-۱ نمونه برداری با لوله

لوله های مسی یا آلومینیومی اغلب بسیار ضعیف هستند و نمی توان آنها را با چکش زدن داخل رسوبات کرد. اندازه لوله نمونه گیری باید با اندازه واحد هدف متناسب باشد. لوله نمونه گیری باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا از کافی بودن نمونه اطمینان حاصل شود. لوله های کوچک تر خطر

(ب) بیل و بیلچه؛

(ج) ظرف دردار که مانع خروج رطوبت باشد یا کیسه های زیپ دار برای جمع آوری نمونه نرخ دوز و رطوبت؛
(د) متر، نوارچسب پهن ضد نور، ماژیک دائم، چکش قوی، کیسه سیاه ضد نور (مثل کیسه عکس های اشعه ایکس) و قیچی.

۳-۴ استفاده از روش مناسب برای نمونه گیری

جهت اندازه گیری دوز معادل دوز طبیعی

روش های جمع آوری نمونه رسوبی جهت سن یابی لومینسانس که معمولاً در تحقیقات دیرینه زلزله شناسی، دیرینه اقلیم شناسی و باستان شناسی استفاده می شوند را می توان به سه دسته تقسیم کرد: نمونه گیری با لوله؛ نمونه گیری با قوطی و یا کیسه ضد نور؛ نمونه گیری به صورت بلوک. امروزه متداول ترین روش جمع آوری نمونه برای سن یابی به روش لومینسانس، چکش زدن یک لوله در سطح عمودی یک لایه رسوبی است. لوله پی وی سی (پلی وینیل کلراید) برای چکش زدن داخل

کمبود دانه‌های کافی را برای تجزیه و تحلیل افزایش می‌دهند. لوله با قطر ۵ و طول ۲۵ سانتیمتر توصیه می‌شود. در هنگام نمونه‌برداری با لوله باید دقت شود که لوله کاملاً پر باشد؛ زیرا در هنگام حمل و نقل لوله‌هایی که رسوبات داخل آنها روان است، ممکن است دانه‌هایی که در وسط نمونه هستند و در معرض نور نبوده‌اند با دانه‌هایی مخلوط شوند که در انتهای لوله هستند و در معرض نور قرار گرفته‌اند. نمونه‌ها با نوارچسب پهن مهروموم و در یک ظرف یا جعبه تاریک بسته‌بندی می‌شوند تا رسوب داخل بسته در هنگام حمل و نقل تحت تأثیر لرزش جابه‌جا نشود.

مراحل نمونه‌برداری با لوله جهت سنیابی لومینسانس نوری در شکل ۵ نشان داده شده و به ترتیب زیر است:

۱- ابتدا در انتهای تیز لوله، یونولیت یا ورقه آلومینیومی ضخیم قرار می‌گیرد تا از مخلوط شدن رسوب در هنگام کوبیدن جلوگیری کند (اگر یونولیت یا ورقه آلومینیومی ضخیم نبود، از روزنامه مجاله استفاده شود). انتهای تیز - نشده با در فلزی یا نوارچسب بسته می‌شود؛

۲- لایه‌های بیرونی دیواره حداقل ۵ سانتیمتر تراشیده و تمیز می‌شود؛

۳- انتهای تیز لوله روی سطح دیواره مدنظر برای نمونه - برداری قرار می‌گیرد. برای جذب اثر ضربه چکش، روی انتهای تیز نشده لوله یک کلاهک یا یک تکه چوبی محکم (سفت) قرار داده می‌شود تا به لبه لوله صدمه نزنند و دانه‌ها مخلوط نشوند. سپس چکش روی آن کوبیده می‌شود (شکل‌های ۵- الف، ب)؛

۴- عملیات چکش‌زنی تا زمان هم‌سطح شدن لایه رسوبی با انتهای تیز نشده لوله و کاملاً پر شدن لوله از رسوب ادامه می‌یابد. لوله باید تا جایی درون رسوبات فرو رود که یونولیت با فشار رسوبات از دهانه داخلی به دهانه خارجی منتقل و نمایان شود (شکل ۵- ج). آنگاه با ورقه آلومینیومی و چسب ضد نور، دهانه خارجی (سمت

چکش خورده) پوشانده می‌شود؛

۵- فاصله نمونه تا سطح زمین اندازه‌گیری می‌شود (شکل ۵- د)؛

۶- نمونه به آرامی از داخل دیواره خارج می‌شود و دهانه داخل خاک (سمت تیز)، با ورقه آلومینیومی و چسب ضد نور پوشانده می‌شود (شکل ۵- و). سپس با ماژیک دائم نام نمونه روی لوله نوشته می‌شود؛

۷- روی یک کیف زیپ‌دار پلاستیکی نام نمونه با ماژیک دائم نوشته می‌شود. دایره‌ای به شعاع سی سانتیمتر در اطراف لوله نمونه‌گیری فرض می‌شود و از داخل دایره، به‌طور یکنواخت رسوبات حفاری به مقدار حدود نیم تا یک کیلو در کیف زیپ‌دار جمع‌آوری شده و کیف زیپ‌دار مهروموم می‌شود به‌طوری‌که رطوبت از نمونه خارج نشود. از این رسوبات یا رسوبات دو طرف لوله برای تعیین نرخ دوز استفاده می‌شود. از محل لوله و محیط اطراف آن عکس‌برداری می‌شود؛

۸- برای جلوگیری از نور خوردگی نمونه (دانه‌های داخل انتهای لوله)، ابتدا رسوبات بخش بالایی لوله تراشیده و سپس اطراف لوله خالی می‌شود و لوله به آرامی از لایه رسوبی خارج و در نزدیک‌ترین زمان ممکن هر دو سمت لوله با کاغذ آلومینیوم پوشانده و با نوارچسب پهن ضد نور مهروموم می‌شود تا رطوبت از لوله خارج نشود (شکل ۵- ه)؛

۹- اگر در هنگام خروج لوله از لایه رسوبی، دهانه داخلی لوله (سمت تیز شده) کاملاً پر نباشد، انتهای خالی لوله با یونولیت دیگری پر می‌شود؛

۱۰- لوله در یک کیسه مشکی ضد نور قرار می‌گیرد و نام نمونه روی برچسب نوشته و برچسب با نوارچسب روی کیسه مشکی چسبانده می‌شود.

در مناطقی که رسوبات نرم‌تر هستند، مثل مناطق مرطوب شمال ایران، می‌توان به جای لوله‌های فلزی از لوله‌های پی‌وی‌سی استفاده کرد. در این وضعیت معمولاً ترانشه‌ای

می شود؛ برای مثال این عملیات برای مطالعه دیوار گران اجرا شد (بخش ۸.۳ این مقاله).
توجه: اگر بیش از دو سانتیمتر از انتهای لوله خالی بود، با استفاده از یک لوله جدید دوباره نمونه گیری شود.

کوچک کنده و سطح دیوارها تمیز می شود. سپس مشابه مواردی که برای لوله های فلزی ذکر شد، عملیات نمونه برداری با لوله های پی وی سی اجرا و فاصله نمونه تا سطح زمین به صورت دقیق اندازه گیری



شکل ۵. فرایند و مراحل نمونه برداری با لوله جهت سن یابی لومینسانس نوری توسط مهندس لطیف سید محمدی (الف) از یک تکه چوب محکم برای صلعه نخوردن محل برخورد چکش با لبه لوله استفاده شده است. (ب) سرپوش فلزی به جای چوب استفاده شده است. (ج) یونولیت با فشار رسوبات از دهانه داخلی به دهانه خارجی منتقل شده و نمایان است. (د) فاصله نمونه تا سطح زمین اندازه گیری می شود. (ه) دو سر لوله با ورقه آلومینیومی و چسب ضد نور پوشانده می شود. (و) لوله در یک کیسه مشکی ضد نور قرار می گیرد. نام نمونه روی برچسب نوشته شده و برچسب با نوارچسب روی کیسه مشکی چسبانده می شود. (ز) رسوبات لازم برای دوزیمتری جمع آوری می شود. توضیح کامل در متن داده شده است.

تاریکی مهر و موم می شود. این روش نمونه گیری باید در شب تاریک بدون نور ماه یا نور مصنوعی یا در روز زیر چادر ضد نور صورت پذیرد (شکل ۶). حسن روش گفته شده این است که می توان در شب با استفاده از الک ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ میکرون، نمونه را سرند و حجم مناسبی از نمونه را برای اندازه گیری دوز معادل دوز طبیعی به

۳-۴-۲ نمونه گیری با قوطی یا کیسه ضد نور
 هنگامی که به هر دلیل امکان نمونه گیری با لوله وجود ندارد، در تاریکی (و با استفاده از چراغ قوه تولیدکننده نور قرمز) نمونه به صورت دستی جمع آوری و در یک ظرف ضد نور، مانند قوطی (مثل کنسرو)، کیسه سیاه ضد نور یا پاکت عکس اشعه ایکس ریخته و بلافاصله در

گرگان را نشان می‌دهد. نگارنده از این روش جهت نمونه‌گیری از اطراف گسل بم- بروات و گسل شمال تهران استفاده کرده است؛

۴- چراغ قوه با نور مناسب قرمز یا زرد برای نمونه‌برداری استفاده می‌شود؛

۵- برای حذف لایه‌ای که پیش از این در معرض نور بوده است، دست‌کم ۵ سانتیمتر از مواد در سطح لایه با خراش دادن ریزش می‌کند؛

۶- رسوبی که در معرض نور قرار نگرفته است، با دقت خراشیده و برداشت می‌شود و در قوطی یا کیسه ضد نور قرار می‌گیرد؛

۷- قوطی یا کیسه ضد نور مهر و موم و روی آن برچسب زده می‌شود. اگر نمونه غنی از کوارتز یا فلدسپار نباشد، بیش از یک قوطی جمع‌آوری می‌شود؛

۸- پارچه سیاه یا پتوی مات یا برزنت جمع می‌شود؛

۹- از محل نمونه و اطراف آن عکس‌برداری می‌شود. باید فاصله نمونه تا سطح زمین در عکس مشخص باشد. سپس ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی و عمق نمونه نسبت به سطح زمین اندازه‌گیری و ثبت می‌شود.

آزمایشگاه منتقل کرد. سپس از محیط اطراف، نمونه‌های مناسب برای اندازه‌گیری رطوبت و نرخ دوز محیطی برداشت می‌شود. حسن دیگر جمع‌آوری دستی رسوبات، امکان برداشت بیشتر رسوب با اندازه مناسب و نیاز نداشتن به تلاش جهت خروج نمونه از لوله و نبود احتمال مخلوط شدن دانه‌های نور خورده و نور نخورده در هنگام نمونه‌برداری در روز است.

مراحل روش نمونه‌برداری با قوطی یا کیسه ضد نور به شرح زیر است:

۱- ابتدا از محل، عکس‌برداری و طرح‌هایی از محل نمونه‌برداری کشیده و لیتولوژی اطراف به‌وضوح توصیف می‌شود؛

۲- در روز با پارچه سیاه، پتوی مات یا چادر خودرو، یک محیط ضد نور در اطراف محل نمونه‌برداری ایجاد می‌شود و فرد زیر پارچه سیاه می‌خزد تا مطمئن شود هیچ نوری وارد پارچه سیاه نمی‌شود. شکل ۶- (الف) نمونه‌برداری از داخل چاله در روز را زیر برزنت نشان می‌دهد؛

۳- در طول یک شب بدون مهتاب و بی‌نور، نمونه‌برداری در محیط تاریک در شب (با استفاده از نور قرمز) انجام می‌شود. شکل ۶- ب نمونه‌برداری در اطراف دیوار



(ب)

(الف)

شکل ۶. فرایند و مراحل نمونه‌برداری در تاریکی جهت سن یابی لومینسانس نوری (الف) نمونه‌گیری در روز زیر چادر ضد نور از داخل ترانشه‌ای در اطراف گسل درونه با قوطی و کیسه ضد نور (ب) نمونه‌گیری در شب در اطراف دیوار گرگان. نگارنده از این روش نمونه‌گیری جهت نمونه‌گیری از اطراف گسل بم- بروات و گسل شمال تهران استفاده کرده است.

۳-۴-۳ نمونه‌گیری به صورت بلوک

در جایی که روش‌های فوق میسر نیستند و امکان استخراج بلوک وجود دارد، اطراف بلوک مورد نظر تراشیده و بلوک جدا می‌شود (شکل ۷). بلافاصله سطح بیرونی بلوک با اسپری نقاشی رنگ سیاه یا نقره‌ای پوشانده می‌شود تا یکپارچگی نمونه در آزمایشگاه را بتوان بررسی کرد. سپس بلوک با کاغذ آلومینیوم پوشانده می‌شود و در یک کیسه پلاستیکی ضد نور در یک جعبه محکم قرار می‌گیرد. نام نمونه روی کیسه پلاستیکی و جعبه نوشته می‌شود و به آزمایشگاه ارسال می‌شود. کمترین اندازه هر ضلع یک بلوک، ۲۰ سانتیمتر است. بهتر است بلوک‌ها بزرگ‌تر باشند؛ زیرا احتمال استخراج دانه کوارتز و فلدسپار را به اندازه کافی برای سن‌یابی و تعیین نرخ دوز و رطوبت‌سنجی زیاد می‌کند. ایدئال این است که هر ضلع بیش از ۳۰ سانتیمتر باشد. هر گونه شکستن بلوک، مانند تقسیم به دو نیم قبل از بسته‌بندی، از دقت سن‌یابی می‌کاهد؛ لذا بهتر است نمونه‌ها با دقت در ظروف با دیواره سخت قرار گیرند تا از شکستن بلوک در حمل‌ونقل جلوگیری شود.

فرایند و نحوه استخراج بلوک به ترتیب زیر است:

- ۱- برای حذف لایه‌ای که قبلاً در معرض نور بوده است، دست کم ۵ سانتیمتر از مواد در سطح لایه با خراش دادن برداشته می‌شود؛
 - ۲- با استفاده از چاقو یا هر وسیله تیز دیگر، روی لایه مورد نظر طرح مربعی با ابعاد دست کم ۲۰ در ۲۰ سانتیمتر کشیده می‌شود؛
 - ۳- اطراف بلوک تا عمق بیش از ۲۵ سانتیمتر، خالی و بلوک خارج می‌شود؛
 - ۴- با اسپری نقاشی سطح بیرونی بلوک با رنگ سیاه یا نقره‌ای پوشانده می‌شود؛
 - ۵- بلوک با کاغذ آلومینیوم پوشانده می‌شود و در یک کیسه پلاستیکی ضد نور در جعبه‌ای محکم قرار می‌گیرد. نام نمونه روی کیسه پلاستیکی و جعبه نوشته می‌شود؛
 - ۶- از محل نمونه و اطراف آن عکس گرفته می‌شود. باید فاصله نمونه تا سطح زمین در عکس مشخص باشد. سپس ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی و عمق نمونه نسبت به سطح زمین اندازه‌گیری می‌شود.
- در دشت بیاض نمونه‌ای به صورت بلوک گرفته شد (شکل ۷) و در جعبه، جاسازی و با ماشین به آزمایشگاه منتقل شد.



شکل ۷. نمونه‌برداری با استخراج بلوک از منطقه پل دراز در شمال شرق ایران جهت سن‌یابی لومینسانس نوری (الف) محل نمونه‌برداری در منطقه پل دراز. (ب) محل برداشت بلوک از زیر فلش.

۳-۴-۴ روش مغزه‌برداری

مغزه‌برداری از کف، برای جمع‌آوری رسوبات عمقی با هدف تفسیر تغییرات مواد بستر رودخانه به کار می‌رود. در این روش که از مقاطع لایه‌های رسوبی ته‌نشین شده در کف رودخانه یا دریاچه نمونه‌برداری می‌شود، علاوه بر

مغزه‌برداری با وسیله‌ای دستی یا با دستگاه نمونه‌برداری مغزه‌گیری با لوله‌های فلزی مخصوص انجام می‌گیرد. مغزه‌برداری از دیواره، مشابه نمونه‌برداری با لوله است، اما



شکل ۸. دوزیمتری با استفاده طیف‌سنج گامای قابل حمل.

از محل نمونه و اطراف آن عکس گرفته می‌شود. ضروری است فاصله نمونه تا سطح زمین در عکس مشخص باشد. سپس ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی و عمق نمونه نسبت به سطح زمین اندازه‌گیری و ثبت می‌شود و همراه با عکس‌ها و ضبط جزئیات سایت از جمله عمق زیر سطح ژئومورف و سایر اطلاعات مربوط به نمونه‌برداری به آزمایشگاه ملی لومینسانس واقع در مؤسسه ژئوفیزیک منتقل می‌شود.

همانند سایر روش‌های سن‌یابی در زمین‌شناسی، جهت محاسبه و تفسیر نتایج لومینسانس به اطلاعات زمینه همچون مکان چینه‌شناسی سایت‌های نمونه‌برداری، عکس‌های مناسب از منطقه و محل نمونه‌برداری و اطلاعات مربوط به موقعیت جغرافیایی، عمق نمونه و نگاره مربوط به ترانشه نیاز است. در صورت امکان استفاده از سایر اطلاعات مربوط به سن، مثل اطلاعات چینه‌شناسی، زمین‌شناسی، ژئومورفیک، تاریخی و باستان‌شناسی به درک حدود سن مورد انتظار (ده هزار، صد هزار و ...) کمک می‌کند. در برآورد دقیق‌تر سن‌های نهایی که با استفاده از مدل‌ها (مثل بیزین) صورت می‌گیرد، دانستن سن مطلق حاصل از سایر روش‌های سن‌یابی مطلق در محدوده مورد مطالعه کمک بسیاری می‌کند.

سن‌یابی، اطلاعات مربوط به لایه‌های رسوبی از قبیل وزن مخصوص، درصد رطوبت، تخلخل و تراکم را می‌توان تعیین کرد.

۳-۵ جمع‌آوری رسوب برای اندازه‌گیری نرخ دوز
در صورت وجود طیف‌سنج گامای دستی، پس از نمونه‌برداری، لوله فوتومولتی‌پلایر با کاتد حساس به گاما در جای خالی محلی قرار می‌گیرد که نمونه گرفته شده است و داده‌های مربوطه دست‌کم به مدت نیم ساعت جمع‌آوری می‌شود. برای اندازه‌گیری مواد رادیواکتیو با آبی‌سی‌پی یا اندازه‌گیری رطوبت، دایره‌ای به شعاع ۳۰ سانتیمتر در اطراف محل نمونه‌گیری رسم و داخل دایره به‌طور یکنواخت حفاری و مقدار حدود نیم تا یک کیلو از رسوبات آن به‌طور یکنواخت از تمام دایره خارج و در کیف زیپ‌دار جمع و با نوارچسب مهروموم می‌شود طوری که رطوبت از نمونه خارج نشود. روی کیف زیپ‌دار پلاستیکی نام نمونه با ماژیک دائم نوشته می‌شود (شکل ۵-ز).

۳-۶ جمع‌آوری سایر اطلاعات، اندازه‌گیری‌ها و مواد مورد نیاز

محیط خشک پرداخته می‌شود. سایر موارد مانند نحوه نمونه‌گیری از محیط‌های تر مثل کف دریاچه‌ها و رودخانه‌های پر آب یا نحوه نمونه‌گیری از زیر سنگ‌ها، در مقاله دیگری بحث خواهد شد. در محیط خشک، همواره بهتر است نمونه‌برداری از دیواره عمودی انجام شود. اگر این امکان به صورت طبیعی وجود ندارد، بهتر است با کندن چاله، از دیواره چاله نمونه‌برداری شود. حتی در مواردی که نمونه‌برداری از کف رودخانه، دریاچه یا مخروط‌افکنه خشک صورت می‌گیرد، این مسئله مهم به شدت توصیه می‌شود؛ برای مثال در مطالعات دیوار گران از این روش استفاده شد (شکل ۹).

۳-۷ بسته‌بندی و انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه
کلیه نمونه‌ها در یک ظرف یا جعبه محکم بسته‌بندی می‌شوند تا نمونه‌ها در هنگام حمل و نقل حرکت نکنند. از آنجاکه احتمال باز شدن نمونه‌ها در اداره پست وجود دارد، بهتر است از ارسال پستی نمونه‌ها به آزمایشگاه سن‌یابی اجتناب شود. برای احتیاط، نمونه‌ها را فرد مورد اعتماد حمل کند تا از آنها محافظت شود. باید ماهیت نمونه‌های موجود در بسته و خطر نور برای فرد حامل نمونه‌ها توضیح داده شود.

۳-۸ سایر نکته‌ها

در این مقاله فقط به نمونه‌گیری از رسوبات ریزدانه در



شکل ۹. فرایند و مراحل نمونه‌برداری با لوله پی‌وی‌سی جهت سن‌یابی لومینسانس نوری در نزدیک دیوار گران (الف) چاله - ترانشه حفر شده با اندازه مناسب (ب) عملیات نمونه‌برداری (ج) اندازه‌گیری فاصله نمونه تا سطح زمین.

مناسب ولی ناکافی می‌تواند تلاش آزمایشگاه جهت تعیین سن را بی‌نتیجه کند. پر واضح است در مواردی که نمونه در هنگام نمونه‌برداری به صورت غیر عمدی تحت تأثیر نور قرار گیرد، سن حاصله کمتر از سن واقعی خواهد بود، اما این تنها پارامتر تأثیرگذار بر دقت سن‌یابی نیست. در ادامه، اصولی ارائه می‌شود که باید پیش از نمونه‌گیری رعایت کرد. اگر فردی بدون در نظر گرفتن موارد زیر به نمونه‌گیری اقدام کند، نمونه‌گیری غیر علمی خواهد بود:

- ۱- هدف از نمونه‌برداری: آگاهی کافی نسبت به فرضیه - های مطالعه و سؤالاتی که تحقیق باید پاسخ دهد؛
- ۲- منبع و تاریخچه رسوبات: پژوهش‌ها نشان داده است رسوباتی که مکرراً تحت فرسایش و انتقال و دفن شدگی

۴ مبانی و اصول مهم قبل از نمونه‌گیری از رسوب
موارد گفته شده، توضیح عملیات صحرائی بود که وقت گیر و گران است. چنانچه این عملیات بدون دانش انجام شود، به خطا منجر خواهد شد. خطاهای احتمالی در نمونه‌برداری موجب به دست آمدن نتیجه غیر واقعی می‌شوند که اصلاح آن با هزینه و صرف انرژی بیشتری همراه است.

هر سن‌یابی (اندازه‌گیری) با نمونه‌برداری شروع می‌شود. نمونه‌برداری همیشه در عدم قطعیت سن‌یابی سهم اساسی دارد. عدم قطعیت سن، مهم‌ترین پارامتری است که کیفیت اندازه‌گیری‌ها را توصیف می‌کند. نمونه‌گیری از محل نامناسب، نمونه‌گیری از مواد نامناسب یا مواد

پتاسیم بسیار ریز (۴ تا ۱۱ میکرومتر) در سیلت (گل ولای) باشد.

۴- نقش نور: چون هدف این روش تعیین سن آخرین زمان نور خوردن نمونه است، فرض بر این است که سیگنال لومینسانس رسوبات قبل از دفن تخلیه شده باشد. به عبارت دیگر، ساعت آنها قبل از دفن صفر شده باشد. به این منظور ضروری است که رسوبات مورد نظر قبل از دفن به اندازه کافی (کمتر از یک دقیقه) در معرض نور مستقیم خورشید قرار گرفته باشند. رسوبات بادی این خصلت را دارند. حذف ناقص سیگنال قبلی باعث می شود سن لومینسانس اندازه گیری شده بیش از سن واقعی رسوب گذاری تخمین زده شود. همچنین چنانچه در هنگام نمونه برداری، نمونه در معرض نور قرار گیرد، بخشی از سیگنال، کاهش و سن کمتر از واقعیت محاسبه می شود. گفتنی است این مهم می تواند عاملی محدود کننده در تعیین سن تلقی شود، اما این محدودیت می تواند با انتخاب راهبردهای درست نمونه برداری و آزمایش های مناسب و روش های آماری و تحلیلی کاهش یابد.

۵- نبود اغتشاش زیستی در خاک و رسوب: بهتر است نمونه گیری از محل هایی انجام شود که آثار جابه جا شدن دانه ها با حیوانات و حشرات و گیاهان وجود ندارد یا محل هایی که در اثر خشک شدن ترک ندارند یا آثار تشکیل و رشد شبنم/ یخ در آنها وجود ندارد؛ زیرا امکان دارد دانه ها به صورت عمودی با ریشه گیاهان و حیوانات (مثل پستانداران گورکن) و حشرات (در یک ستون رسوبی) جابه جا شده و بنابراین دانه های با سن زیادتر (از لایه عمیق) به لایه بالاتر (سن کمتر) منتقل شده باشند یا برعکس (بیتمن و همکاران، ۲۰۰۳، ۲۰۰۷). این موضوع می تواند عاملی محدود کننده در تعیین سن تلقی شود، اما اگر چاره ای جز برداشت از چنین محلی نباشد و این مهم گزارش شود، این محدودیت نیز می تواند با آزمایش های مناسب و روش های آماری و تحلیلی کاهش یابد.

قرار گرفته اند، سیگنال لومینسانس قوی تری تولید می کنند (پیچ و همکاران، ۲۰۰۸). یک نظریه این است که حساسیت کوارتز جهت تولید سیگنال لومینسانس، با افزایش تعداد شارژ شدن (با اشعه های محیطی) و سپس تخلیه شدن (متأثر از نور) افزایش می یابد. رسوباتی که منبع آنها آتشفشانی، بالا آمدگی زمین ساختی با فرسایش زیاد، زمین های دگر دیس شده (متامورفیک) یا گرمایی (هیدروترمال) است، خصوصیات لومینسانس ضعیفی دارند (لوسون و همکاران، ۲۰۱۲) که دلیل آن شاید این باشد که دوزیمترهای لومینسانس آنها مکرراً شارژ و تخلیه نشده است. رسوبات با منابع آتشفشانی مملو از کوارتزهای نوع بتا هستند و اثبات شده است که کوارتز نوع آلفا و بتا ویژگی های لومینسانس کاملاً مختلفی دارند؛ برای مثال کوارتز آلفا تولید کننده نور آبی است ولی کوارتز نوع بتا تولید کننده نور قرمز لومینسانس است (فتاحی و استوکر ۲۰۰۳). شایان ذکر است این مهم می تواند عاملی محدود کننده در تعیین سن تلقی شود، اما این محدودیت می تواند با استفاده از تجهیزات، شیوه نامه ها، انجام دادن آزمایش های مناسب و روش های آماری و تحلیلی کاهش یابد (حیدری و فتاحی، ۱۳۹۵).

۳- وجود کوارتز یا فلدسپار پتاسیم: مکان یا واحد مورد نظر جهت نمونه برداری باید حاوی کوارتز یا فلدسپار پتاسیم ریز باشد؛ بنابراین محیط هایی که سیلیکات دارند، بسیار بهتر از مناطق کربناته هستند. دانه ها با اندازه های مختلف، ویژگی های دوزیمتری متفاوتی دارند. دستگاه های اندازه گیری لومینسانس برای اندازه گیری لومینسانس ناشی از اندازه های ۴ تا ۲۵۰ میکرومتر طراحی شده اند. روش اندازه گیری لومینسانس دانه های بین ۶۳ تا ۲۵۰ میکرومتر دقیق تر است. از آنجاکه بسیاری از محیط های زمین شناسی چنین شرایطی دارند، این اصل به راحتی اجرا می شود، اما در مواردی که چنین اندازه ای موجود نیست، واحد هدف می تواند حاوی کوارتز یا فلدسپار

و شن‌های محیط اطراف نمونه در مدل‌سازی منبع تغییر در نرخ دوز مفید است، استفاده از طیف‌سنج گامای قابل حمل در طول کار میدانی بسیار مفید است؛ زیرا داده‌های جمع‌آوری شده در سایت برای تعیین تغییرات در غلظت مواد رادیواکتیو در رسوبات با اندازه دانه‌های ناهمگن (شن تا گل) بسیار مهم است. سن نهایی نمونه‌هایی که داده‌های طیف‌سنج گامای قابل حمل را ندارند، عدم قطعیت بیشتری دارد.

۷- نقش رطوبت: آب دو اثر بر میزان دوز محیطی دارد: رقت (dilution) و جذب (absorption) (آیتکن، ۱۹۸۵، ۱۹۹۸). در عمل، این به معنای آن است که افزایش رطوبت باعث کاهش نرخ دوز محیط می‌شود و بنابراین سن لومینسانس مسن‌تر می‌شود. اثر تغییرات آب‌وهوایی در میزان رطوبت خاک به‌ویژه در محیط‌های نیمه‌خشک که دوره‌های مختلف آب‌وهوایی در گذشته را تجربه کرده‌اند (نلسون و ریتنور، ۲۰۱۴) مهم است. سطح رسوباتی که به‌صورت طبیعی یا به دست بشر (مانند ترانسه‌ها) در معرض هوا قرار گرفته‌اند، خشک شده است و باعث کاهش رطوبت خاک در چند دسیمتر خارج رسوب می‌شود. در مقیاس‌های طولانی‌تر، هوازدهگی شیمیایی مواد معدنی رس و نفوذ مواد معدنی در منافذ و فضاهای داخل یک رسوب (برای مثال کربنات) می‌تواند میزان رطوبت خاک یک رسوب را با تغییر در تخلخل تغییر دهد (جنونگ و همکاران، ۲۰۰۷ و ناتان و موز، ۲۰۰۸). به همین دلایل، نمونه‌هایی که برای اندازه‌گیری میزان رطوبت از محل جمع‌آوری شده‌اند، می‌توانند رطوبت را کمتر یا بیشتر از حد متوسط رطوبت رسوب نشان دهند. پس نمونه‌برداری صحیح برای تعیین رطوبت و ارائه تخمینی از متوسط شرایط هواشناسی، آب‌وهوا و آب زیرزمینی در محل نمونه‌برداری بسیار مهم است (کرون و همکاران، ۲۰۱۲)؛ برای مثال گسل‌ها می‌توانند مجرای جریان آب زیرزمینی باشند. میزان رطوبت رسوب می‌تواند

۶- تعادل رادیواکتیو: نمونه‌ای انتخاب شود که در طول دوره دفن تحت تأثیر دوز ثابت ناشی از اشعه‌های محیط قرار داشته باشد (آیتکن، ۱۹۹۸)؛ یعنی غلظت مواد رادیواکتیو یا رادیوایزوتوپ‌ها (مثل اورانیوم، توریم، پتاسیم ۴۰) در محل نمونه‌برداری تغییر زیادی در طول دوره دفن نمونه نداشته باشد. به عبارت دیگر، تعادل رادیواکتیو با از دست دادن/افزودن محصولات والد/دختر به هم نخورده باشد (نبود تعادل رادیواکتیو). فرایندهایی که می‌تواند نبود تعادل رادیواکتیو ایجاد کند، شامل تغییرات در محتوای آب رسوب مورد نظر (اولی و همکاران، ۱۹۹۶) با پایین آمدن یا بالا آمدن سطح آب که اغلب با شواهدی از جریان سیال مانند بارش کربنات ثانویه همراه است، جابه‌جایی رسوب از راه اغتشاش زیستی در خاک و رسوب و از دست دادن محصولات دختر در شکل گازی مانند رادون است. اورانیوم و پتاسیم به‌دلیل فعل و انفعالات ژئوشیمیایی متحرک می‌شوند و می‌توانند با جریان آب زیرزمینی جابه‌جا و از محل حذف شوند. شکل دیگر نبود تعادل با هوازدهگی فلدسپات در محل مشاهده می‌شود که می‌تواند پتاسیم را متحرک کند و میزان دوز را تغییر دهد (پریش، ۱۹۹۴؛ کوانو و تومیتا، ۱۹۹۶ و هریسون و همکاران، ۲۰۱۵). فرایندهای پدورژنیک که با گذشت زمان باعث جابه‌جایی و تجمع رس‌ها (با دوز بیشتر) و کربنات‌ها (با دوز کمتر) می‌شوند نیز بر میزان نرخ دوز تأثیر می‌گذارند. این فرایندها می‌توانند فرض ثابت بودن نرخ دوز با گذشت زمان را در دوران دفن نمونه باطل کنند و به عدم اطمینان زیادی در تخمین سن منجر شوند. علاوه‌براین، طبقه‌بندی ضعیف رسوبات، مانند مخروط‌افکنه‌ها، می‌تواند مقدار زیادی ناهمگنی در تابش زمینه ایجاد کند. برای کمک به اندازه‌گیری و تصحیح محدودیت‌های مربوط به پس‌زمینه نرخ تابش دوز، وجود عکس‌ها و طرح‌های برداشت‌شده از سایت نمونه ضروری است. از آنجا که جمع کردن سنگ

۵ نتیجه‌گیری

برای سن‌یابی رسوبات به روش لومینسانس نوری، دانستن روش‌های صحرائی به‌تنهایی برای نمونه‌برداری علمی کفایت نمی‌کند؛ زیرا در تعیین سن دقیق حادثه، به نمونه‌برداری دقیق و علمی از محل مناسب نیاز است. نمونه‌گیری دقیق مثل تراشیدن لایه سطحی واحد مورد نظر به عمق دست‌کم ۵ سانتیمتر، درست قبل از عملیات اجرایی نمونه‌برداری و نور نخوردن نمونه حین و بعد از نمونه‌برداری مهم است، اما اگر مبتنی بر علم نباشد، کافی نیست. نمونه‌برداری علمی به دانستن مبانی و اصول مربوطه و داشتن راهبرد صحیح جهت نمونه‌برداری نیاز دارد. مسلماً مناسب‌ترین راهبرد صحیح با تبادل نظر بین مدیر پروژه و متخصص سن‌یابی حاصل می‌شود. باید با تبادل نظر منطقی بین متخصصان مختلف، تصمیم گرفته شود که چند نمونه جهت پاسخ به سؤالات مورد نظر تحقیق مورد نیاز است، رابطه سن نسبی بین نمونه‌های مختلف وجود دارد یا خیر و از چه محلی و با کدام روش نمونه‌گیری شود و حجم نمونه با توجه به بافت محیط چقدر باشد. توصیه می‌شود از هر محل نمونه‌برداری دست‌کم دو نمونه گرفته شود. یک نمونه جهت سن‌یابی و یک نمونه برای ذخیره در انبار آزمایشگاه نگهداری می‌شود. نمونه ذخیره بسیار ارزشمند است؛ زیرا اولاً اگر نمونه اصلی آسیب بیند یا میزان کوارتز یا فلدسپار داخل آن کافی نباشد، می‌توان از دیگری استفاده کرد. ثانیاً با رشد علم و تکنولوژی، دقت سن‌یابی اضافه می‌شود، اما ممکن است در آن زمان دسترسی به مکان برداشت نمونه ممکن نباشد؛ بنابراین وجود نمونه در انبار، امکان مقایسه سن یک نمونه با روش‌ها و تکنولوژی‌های مختلف را در زمان‌های متفاوت فراهم می‌کند.

تشکر و قدردانی

از همه کسانی که مشوق اینجانب جهت نوشتن این مقاله بودند به‌ویژه دکتر رضا معتمد، دکتر محمد شریفی، دکتر

با توجه به فعالیت گسل در طول زمان دچار نوسانات شود و میزان تابش دریافتی نمونه را تحت تأثیر قرار دهد.

۸- تابش کیهانی: تابش کیهانی یک جزء از میزان کل دوزی است که نمونه در طول عمر دفن در اثر قرار گرفتن در معرض تابش کیهانی (آیتکن، ۱۹۹۸) دریافت کرده است. از آنجاکه میزان دریافت تابش کیهانی به‌طور تصاعدی با عمق کاهش می‌یابد، ترجیح بر این است که از واحدهایی نمونه‌گیری شود که دست‌کم یک متر زیر سطح ژئومورفیک بوده‌اند؛ زیرا در عمق کمتر از یک متر، تغییرات کوچک در عمق در زمان دفن (ناشی از رسوب-گذاری یا فرسایش) باعث تغییرات شایان توجهی در میزان دوز تابش کیهانی به نمونه می‌شود. اگر واحد هدف، دوره‌های زیادی از زمان را در عمق‌های مختلف دفن تجربه کرده باشد، این مهم باید همراه با سایر نکات بیان‌کننده خطاها و عدم قطعیت‌های سن ارائه شود (مونیکوا، ۲۰۰۵ و لویز، ۲۰۱۲). اندازه‌گیری ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی و عمق هر نمونه نسبت به سطح زمین جهت دوزیمتری و اندازه‌گیری دوز سالانه ضروری است، اما بسیار مهم است که در زمان نمونه‌برداری دقت شود که آیا عمق نمونه در اثر عواملی همچون فرسایش در سطح زمین، در گذر زمان تغییر داشته است یا خیر.

۹- سایر موارد: انتخاب محل مناسب نمونه‌برداری (مثل عوارض ایجادشده از گسلش)، انتخاب مکان مناسب نمونه‌برداری (مثل عمق مناسب، دوری از مرز لایه‌ها، اجتناب از رسوبات درشت‌دانه مانند شن و گراول و انتخاب لایه‌های ریزدانه)، اطمینان از برآورد شدن سن حادثه مورد نظر در صورت اندازه‌گیری سن نمونه از آن محل به روش لومینسانس، اطمینان از اینکه سن نمونه در محدوده سنی توانایی روش لومینسانس است (از چند صد سال تا چند صد هزار سال و در نظر گرفتن محدودیت دقت روش لومینسانس (اغلب بین ۵ تا ۱۰ درصد و بسته به عوامل مختلف بین ۵ تا ۲۰ درصد در $1 \pm \sigma$)).

سفالی موزه ملی ایران: مجله فیزیک زمین و فضا،
۳۸(۱)، ۴۱-۵۰.

فتاحی، م.، رستمی مهربان، س.، طالبیان، م.، بحرودی، ع.،
هالینگورث، ج.، واکر، ر.، ۱۳۹۰، بررسی فعالیت
گسل نیشابور در استان خراسان: مجله علوم زمین، ۷۹،
۵۵-۶۰.

فتاحی، م.، رضاخانی روزبهانی، ف.، شونینگر، ج.، سوئر،
ا.، ۱۳۹۴، دیوار بزرگ گرگان: سن یابی به روش
رخشانی بخشی از دیوار: مجله ژئوفیزیک ایران،
۹(۳)، ۴۵-۵۹.

فتاحی، م.، حیدری، م.، ۱۳۹۵، مروری بر سن یابی
دیوارهای باستانی با استفاده از روش لومینسانس و
عرضه پژوهش های صورت پذیرفته در مورد دیوار
تمیشه: مجله فیزیک زمین و فضا، ۴۲(۳)، ۴۶۹-۴۸۶.
فتاحی، م.، مهرشاهی، د.، ۱۳۹۷ الف، استفاده از روش
لومینسانس نوری جهت تعیین سن رسوبات لسی
اطراف شهر میبد و تفسیر شرایط تشکیل آنها: مجله
فیزیک زمین و فضا، ۴۴(۲)، ۳۰۷-۳۱۹.

فتاحی، م.، مهرشاهی، د.، ۱۳۹۷ ب، بررسی ویژگی های
جغرافیای طبیعی، رسوب شناسی و تعیین سن
کوهریگ فراشاه (تفت) جهت تشخیص شرایط
محیطی کواترنر پایانی دامنه شمالی شیرکوه: کاوش -
های جغرافیایی مناطق بیابانی، ۶(۱)، ۹۱-۱۱۷.

فتاحی، م.، وودبریج، ک.، بیتمن، م.، ۱۳۹۸، سن یابی به
روش لومینسانس نوری نمونه های رسوبی برداشت شده
از تراس های رودخانه ای کارون در خوزستان، جنوب
غرب ایران: فیزیک زمین و فضا، ۴۵(۲)، ۲۹۹-۳۱۱.

Aitken, M. J., 1985, Thermoluminescence dating:
Oxford, Academic Press, 359 p.

Aitken, M. J., 1998, An Introduction to Optical
Dating. The Dating of Quaternary
Sedimentary the Use of Photon-Stimulated
Luminescence: Oxford University.

داریوش مهرشاهی، دکتر مهناز شریفی، مهندس لطیف
سید محمدی، مهندس مهدی ترابی، مهندس نیما فیض
آقایی و دکتر حمیده امینی تشکر می کنم. از داوران محترم
مقاله که محبت کردند و با صرف وقت و دقت نظر و
پیشنهادهای سازنده موجب ارتقاء بنیادی مقاله شدند و نیز
سر دبیر محترم مجله صمیمانه سپاسگزارم.

منابع

امینی، ح.، فتاحی، م.، قاسمی، م.، ر.، ۱۳۹۰، محاسبه نرخ
لغزش در منطقه شش تراز گسل درونه به روش
هیستوگرام و حداقل سن با استفاده از لومینسانس
برانگیخته شده با نور: مجله ژئوفیزیک ایران، ۵(۳)،
۱۴-۲۹.

بحرالعلومی، ف.، عظیمی، م.، ۱۳۹۳، سالیابی
ترمولومینسانس نمونه های آجر هگمتانه: مجله تاریخ
همدان.

بحرالعلومی، ف.، عظیمی، م.، ۱۳۹۶، سالیابی آجرهای
محوطه قلاچی بوکان: مجموعه مقالات بررسی
باستان شناسی محوطه مانایی قلاچی بوکان.

بحرالعلومی، ف.، حشمتی، ا.، ر.، طیبی، م.، عظیمی، م.،
۱۳۹۱، سالیابی و تعیین مراحل مرمت سد قدیمی
کریت به روش سالیابی ترمولومینسانس: مجله اثر، ۵۰.

حیدری، م.، فتاحی، م.، ۱۳۹۵، ارزیابی مدل های آماری
در سن یابی به روش لومینسانس: مطالعه موردی ترائشه
ایرا (یادداشت تحقیقاتی): مجله فیزیک زمین و فضا،
۴۲(۱)، ۵۱-۶۲.

خسروی، ع.، حسین زاده، س.، ر.، فتاحی، م.، خانه آباد، م.،
۱۳۹۸، ژئوشیمی نهشته های کواترنری رودخانه کال -
شور بینالود: پژوهش های دانش زمین، ۱۰(۳۷)، ۳۹-
۴۹.

رستمی مهربان، س.، بحرالعلومی، ف.، فتاحی، م.، ۱۳۹۱،
استفاده از گرمالیانی در ایران: سن یابی نمونه های

- Ashrafi, F., Moghaddaszadeh, Z., Bahrololoumi, F., and Abbasi, G., 2010, Age determination of Pookerdvall pottery sample based on thermo-luminescence behavior and their glow curves: *Archives of Physics Research*, **1**(4), 192-199.
- Bateman, M. D., Boulter, C. H., Carr, A. S., Frederick, C. D., Peter, D., and Wilder, M., 2007, Detecting post-depositional sediment disturbance in sandy deposits using optical luminescence: *Quaternary Geochronology*, **2**(1), 57-64.
- Bateman, M. D., Frederick, C. D., Jaiswal, M. K., and Singhvi, A. K., 2003, Investigations into the potential effects of pedoturbation on luminescence dating: *Quaternary Science Reviews*, **22**(10), 1169-1176.
- Bazgir, B., Olle, A., Tumung, L., ... , and Carbonell, E., 2017, Understanding the emergence of modern humans and the disappearance of Neanderthals: Insights from Kaldar Cave (Khorramabad Valley, Western Iran): *Scientific Reports*, March 2017.
- Crone, A. K., Personius, S. F., DuRoss, C. B., Machette, M. N., and Mahan, S. A., 2012, Paleoseismology of the Willow Creek site and chronology of late Holocene earthquakes on the Nephi segment, Wasatch fault zone, Utah, in Hylland, M. D. and Harty, K. M., eds., *Selected topics in engineering and environmental geology in Utah: Utah Geological Association Publication*, **41**, 193-206, (CD).
- Fattahi, M., 2014, Luminescence, Earthquake and Tectonic Activity, *Encyclopedia of Scientific Dating Methods*, DOI 10.1007/978-94-007-6326-5_120-2 # Springer.
- Fattahi, M., 2015, OSL dating of the Miam Qanat (KĀRIZ) system in NE Iran: *Journal of Archaeological Science*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2015.04.006>.
- Fattahi, M., Agazadeh, A., Walker R. T., Talebian, M., Sloan, R. A., and Khatib, M. M., 2011a, Investigation on the potential of OSL for Ddating Qanat in the Dasht-e Bayaz region of northeastern Iran using the SAR protocol for quartz: *Journal of Seismology and Earthquake Engineering*, **13**(2), 65-75.
- Fattahi, M., Nazari, H., Bateman, M. D., Meyere, B., Sébrier, M., Talebian, M., Le Dortz, K., Foroutan, M., Ahmadi Givi, F., and Ghorashi, M., 2009, Refining the OSL age of the last earthquake on the Dshshir fault, Central Iran: *Quaternary Geochronology*, **5**(2-3), 286-292.
- Fattahi, M., and Stokes, S., 2003, Dating volcanic and related sediments by luminescence methods: a review: *Earth-Science Reviews*, **62**, 229-264.
- Fattahi, M., and Walker, R., 2007, Luminescence dating of the last earthquake of the Sabzevar thrust fault, NE Iran: *Quaternary Geochronology*, **2**, 284-289.
- Fattahi, M., Walker, R., Hollingsworth, J., Bahroudi, A., Talebian, M., Armitage, S. and Stokes, S. 2006, Holocene slip-rate on the Sabzevar thrust fault, NE Iran, determined using Optically-Stimulated Luminescence (OSL): *Earth and Planetary Science Letters*, **245**, 673-684.
- Fattahi, M., Walker, R., Khatib, M. M., Dolati, A., and Bahroudi, J., 2007, Slip-rate estimates and past earthquakes on the Doruneh fault, eastern Iran: *Geophysical Journal International*, **168**, 691-709.
- Fattahi, M., Walker, R., Khatib, M. M., Zarrinkoub, M., and Talebian, M., 2015, Determination of slip-rate by optical dating of lake bed sediments from the Dasht-e-Bayaz fault, NE Iran: *Geochronometria*, **42**, 148-157.
- Fattahi, M., Walker, R. T., Talebian, M., Sloan, R. A., and Rasheedi, A., 2011b, The structure and late Quaternary slip rate of the Rafsanjan strike-slip fault, SE Iran: *Geosphere*, **7**, 1159-1174.
- Fattahi, M., Walker, R. T., Talebian, M., Sloan, R. A., and Rasheedi, A., 2014, Late Quaternary active faulting and landscape evolution in relation to the Gowk Fault in the South Golbaf Basin, SE Iran: *Geomorphology*, **204**, 334-343.
- Fattahi, M., and Walker, R., 2016, Optical dating of Holocene lake bed sediments from the Nimbluk plain, Khorasan, NE Iran: Implications for the climate change and palaeo-environment of NE Iran: *Journal of the Earth and Space Physics*, **41**(4), 1-12.
- Foroutan, M., Sébrier, M., Mazari, H., Meyer, B., Fattahi, M., Rahsidi, A., Le Dortz, K., and Bateman, M. D., 2012, New evidence for large earthquakes on the Central Iran plateau: paleoseismology of the Anar fault: *Geophysical Journal International*, **189**, 6-18.
- Ghassemi, M., Fattahi, M., Landgraf, A., Ahmadi, M., Ballato, P., and Tabatabaei, S., 2014, Kinematic links between the Eastern Mosha Fault and the North Tehran Fault, Alborz range, northern Iran: *Tectonophysics*, **622**, 81-95.
- Harrison, J., Shannon, G., Mahan, A., Rittenour,

- T. M., and Nelson, M. S., 2015, Guide to luminescence dating techniques and their application for paleoseismic research: Proceedings volume: Basin and range province seismic hazards summit III, (Utah Geological Survey Miscellaneous Publication 15-5).
- Hollingsworth, J., Fattahi, M., Walker, R., Talebian, M., Bahroudi, A., Bolourchi, M. J., Jackson, J., and Copley, A., 2010, Oroclinal bending, distributed thrust and strike-slip faulting and the accommodation of Arabia-Eurasia convergence in NE Iran since the Oligocene: *Geophysical Journal International*, **181**(3), 1214-1246.
- Jeong, G.Y., Cheong, C., and Choi, J. H., 2007, The effect of weathering on optically stimulated luminescence dating: *Quaternary Geochronology*, **2**(1), 117-122.
- Kawano, M., and Tomita, K., 1996, Amorphous aluminum hydroxide formed at the earliest weathering stages of K-feldspar :Clays and Clay Minerals, **44**(5), 672-676.
- Khosravichenar, A., Fattahi, M., Amini, H., and Suchodoletz, H. V., 2020, The potential of small mountain river systems for paleoenvironmental reconstructions in drylands – An example from the Binaloud Mountains in northeastern Iran: *Geosciences*, **10**(11), 448.
- Lawson, M., Roder, B. J., Stang, D. M., and Rhodes, E. J., 2012, OSL and IRSL characteristics of quartz and feldspar from southern California, USA: *Radiation Measurements*, **47**(9), 830–836.
- Lopez, G. I., 2012, Evidence for mid-to late-Holocene palaeotsunami deposits, Kakawis Lake, Vancouver Island, British Columbia: *Natural Hazards*, **60**, 43-68.
- Munyikwa, K., 2005, The role of dune morphogenetic history in the interpretation of linear dune luminescence chronologies — A review of linear dune dynamics: *Progress in Physical Geography*, **29**, 317-336.
- Nathan, R. P., and Mauz, B., 2008, On the dose-rate estimate of carbonate-rich sediments for trapped charge dating: *Radiation Measurements*, **43**, 14-25.
- Nazari, H., Fattahi, M., Meyer, B., Sébrier, M., Talebian, M., Foroutan, M., Le Dortz, K., Bateman, M. D., and Ghorashi, M., 2009, First evidence for large earthquakes on the Deshir Fault, Central Iran Plateau: *Terra Nova*, **21**(6), 417-426.
- Nelson, M. S., and Rittenour, T., 2014, Using grain-size distribution to build water retention curves for alluvial sediments — Application to dose-rate calculation: 14th International Conference on Luminescence and Electron Spin Resonance Dating Book of Abstracts: Université du Québec à Montréal, Montreal, p. 146.
- Olley, J. M., Murray, A., and Roberts, R. G., 1996, The effects of disequilibria in the uranium and thorium decay chains on burial dose rates in fluvial sediments: *Quaternary Science Reviews*, **15**(7), 751-760.
- Omran Rekavandi, H., Sauer, E., Wilkinson, T., ... , and Ratcliffe, J., 2008, Sasanian Walls, hinterland fortresses and abandoned ancient irrigated landscapes: The 2007 season on The Great Wall of Gorgan and the wall of Tammishe: Iran, **46**(1), 151-178.
- Parish, R., 1994, The influence of feldspar weathering on luminescence signals and the implications for luminescence dating of sediments, in Robinson, D. A., and Williams, R. B. G., eds., *Rock weathering and landform evolution*: University of Sussex Geography Laboratory, 243-258.
- Pietsch, T., Olley, J. M., and Nanson, G. C., 2008, Fluvial transport as a natural luminescence sensitiser of quartz: *Quaternary Geochronology*, **3**, 365–376.
- Quigley, M., Fattahi, M., Sohbati, R., and Schmidt, A., 2011, Palaeoseismicity and pottery: Investigating earthquake and archaeological chronologies on the Hajjarab alluvial fan, Iran: *Quaternary International*, **242**, 185-195.
- Schmidt, A., Quigley, M., Fattahi, M., Azizi, G., Maghsoudi, M., and Fazeli, H., 2011, Holocene settlement shifts and palaeoenvironments on the Central Iranian Plateau: investigating linked systems: *The Holocene*, **21**(4), 583-595.
- Schwenninger, J., and Fattahi, M., 2013, OSL Dating, in Rekavandi, H. O., Wilkinson, T. J., Nokandeh, J., Sauer, eds., *Persia's Imperial Power in Late Antiquity: The Great Wall of Gorgan and the Frontier Landscapes of Sasanian Iran*: Oxford: Oxbow Books.
- Talebian, M., Copley, A., Fattahi, M., Walker, R. T., and Sloan, R. A., 2016, Active faulting within a megacity: the geometry and slip rate of the Pardisan thrust in central Tehran, Iran: *Geophysical Journal International*, **207**(3), 1688–1699.

- Torabi, M., Fattahi, M., Amini, H., Ghasemmi, M. R., and Karimi, N., 2020, OSL dating of landslide-dammed-lake deposits in the North of Tehran, Iran: 958 Ray-Taleghan/Ruyan earthquake: *Quaternary International*, **562**, 46-57.
- Walker, R. T., and Fattahi, M., 2011, A framework of Holocene and Late Pleistocene environmental change in eastern Iran inferred from the dating of periods of alluvial fan abandonment, river terracing, and lake deposition: *Quaternary Science Reviews*, **30**, 1256-1271.
- Walker, R. T., Khatib, M. M., Bahroudi, A., Rodes, A., Schnabel, C., Fattahi, M., Talebian, M., and Bergman, E., 2013, Co-seismic, geomorphic, and geologic fold growth associated with the 1978 Tabas-e-Golshan earthquake fault in eastern Iran: *Geomorphology*, doi:10.1016/j.geomorph.2013.02.016.
-

Investigation of effective factors in sampling for dating by optically stimulated luminescence method

Morteza Fattahi^{2*}

¹ Associate Professor, Department of Geophysics, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

(Received: 22 December 2020, Accepted: 17 May 2021)

Summary

Optically Stimulated Luminescence (OSL) dating directly gives the last time of the sediment exposure to light and zeroing of the luminescence signal inside the sediment. OSL has become a major tool for dating sediments over the past 40 years. This method has found a special place in Quaternary sciences in the world today and has vast applications in Iran. Its use to determine the time of occurrence of long-lasting earthquakes, fault slip rate, earthquake return period, past climatic periods including drought and wet periods, as well as determining the time of construction of ancient facilities and the growth of Iranian civilization has expanded over time.

Knowing the basics and having a strategy for site selection, choosing a location, and suitable sediment sampling method for luminescence dating have a significant effect on the age accuracy. Sampling from an inappropriate site, sampling of unsuitable materials or suitable but insufficient materials can thwart the laboratory's attempt to determine age. Every measurement begins with sampling, and sampling always contributes to the uncertainty of the measurement. Age uncertainty is the most important parameter that describes the quality of measurements. Sediment sample collection methods for luminescence dating can be divided into 3 categories: Sampling with tube, as a block or in a light bag. The most common method of sample collection for luminescence dating is to hammer a tube in the vertical surface of a sedimentary layer. If the layer is thin and the tube is too large for the layer and cannot sample the thin target or either the grain size of the target unit is large to prevent hammering, or it is cement scale and sampling using a tube is impossible, there are two options: to manually collect sediment or to extract a block.

The higher the accuracy of dating, the more accurate the interpretations of age. The two main factors to obtain the exact age of the accident are accurate sampling from the right place. Sampling strategies vary depending on the purpose, environment and location of the sampling. But when sampling, it is necessary to consider the relevant principles. These include the adequate knowledge of study hypotheses, source and history of sediments, presence of quartz and potassium feldspar in sediments, the role of light, the role of moisture, ensure of no biological disturbance in soil and sediment and the presence of radioactive equilibrium around the sample. It is especially important to consider the adequacy of resetting of the luminescence signal, the ability to characterize the radioactive environment surrounding the sample (dose rate), and the lack of evidence for post-depositional mixing (bioturbation in soils and sediment).

Keywords: Dating, Sampling, Optical stimulated luminescence, Location selection

*Corresponding author:

mfattahi@ut.ac.ir