

کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

تعیین سن دقیق تر با مدل های سن مرکزی و کمترین سن لومینسانس از ترانشه ایرا

◆◆◆◆◆◆

◆◆◆◆◆◆

چکیده :

شرایط تشکیل رسوب در نحوه ی تعیین سن درست رسوبات، از اهمیت بالایی برخوردار است. از آنجایی که سن بدست آمده از طریق روش لومینسانس نوری، سنی است که رسوب موردنظر دفن شده است؛ صفرشدگی کامل و صفر شدگی ناقص دو عامل مهمی هستند که باید در رسوبات شناسایی شوند تا بر اساس آن ها از مدل های آماری متناسب برای تعیین سن استفاده شود. در صورتی که رسوبات بطور کامل صفر شده باشند دزهای معادل طبیعی (D_e) برای الیکوت های نمونه موردنظر به هم نزدیک خواهند بود و در این صورت می توان از مدل سن مرکزی برای تعیین میزان دز جذب شده در زمان دفن (D_B) استفاده کرد. در صورتی که رسوبات بطور کامل صفر نشده باشند مدل کمترین سن بر مبنای انتخاب کمترین D_e ها، D_B را محاسبه می کند. نمونه های مورد استفاده در این مقاله از ترانشه ایرا واقع در حدفاصل گسل های بزرگ و فعال شمال تهران و مشا در نزدیکی شمال شرقی تهران استخراج شده اند.

کلید واژه ها: سن یابی لومینسانس نوری، مدل سن مرکزی، مدل کمترین سن، صفرشدگی کامل، صفر شدگی ناقص، نمودار شعاعی، بیش پراکنش

Determining more accurate ages using Central Age and Minimum Age Model from Ira trench

Abstract: Luminescence dating is a suitable method to determine the date of sediments. To apply this method in a best way, it is essential to be aware of the condition of sediment formation. Two of these important conditions are partial bleaching and fully bleaching. Optically Stimulated Luminescence date the last time that sediments have been exposed to light. Therefore, it is essential that all the sediments bleach well and don't carry any luminescence signals before deposition. If grains are fully bleached Central Age Model (CAM) is a suitable method to acquire D_e . However, some times there is not enough time for complete bleaching therefore grains are partially bleached. In this case Minimum Age Model (MAM) can provide more accurate result. This paper presents the basics behind CAM and MAM models based on preliminary statistic. As a case study the samples collected by Ghasemi et al (2014) from Ira trench which is located in linkage zone of the North Tehran Fault and Mosha Fault in the vicinity of Tehran metropolis are used and we would like to thanks them for collecting the samples.

Keywords: Luminescence dating, Central Age Model(CAM), Minimum Age Model(MAM), complete bleaching, partial bleaching, radial plot, overdispersion

◆◆◆◆◆◆

کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

مقدمه :

سن یابی نوری روشی نسبتاً جدید برای تعیین سن رسوبات است که عموماً برای تعیین سن رسوبات مربوط به دوره کواترنری مورد استفاده قرار می گیرد (دالر، 2008). اساس سن یابی در این روش، نور لومینسانس تاییده شده از ذرات کوارتز و فلدسپار است که به علت تابش مواد رادیواکتیو موجود در طبیعت در آنها ایجاد می شود. در آزمایشگاه رسوب مورد نظر تحریک می شود تا نور لومینسانس موجود در آن خارج شود. این سیگنال خارج شده که سیگنال لومینسانس طبیعی نام دارد می تواند میزان دزی را که نمونه در زمان دفن خود از تابش مواد رادیواکتیو اطرافش جذب کرده، آشکار سازد. و به کمک آن، کمیت میزان دز جذب شده در زمان دفن (D_f) بدست می آید. به علاوه با اندازه گیری میزان دز جذب شده در واحد زمان (D_r) با توجه به رابطه (1) می توان سن نمونه را بدست آورد (دالر و همکاران، 1999؛ ایتکن، 1998).

$$(1) \quad \text{میزان دز جذب شده در زمان دفن } (D_f) = \frac{\text{سن نمونه}}{\text{نرخ دز } (D_r)}$$

برای سن یابی یک رسوب، با توجه به جنس خاک و شرایط فیزیکی رسوب دانه های کوارتز یا فلدسپار آن جدا می شوند. این دانه ها روی ورقه های کوچک آلومینیومی چسبانده می شوند، که الیکوت نامیده می شوند. به این ترتیب برای هر رسوب خاص تعدادی الیکوت آماده می شود که برای هر یک از آنها دز معادل دز طبیعی (D_g) تعیین می شود. در نتیجه مجموعه ای از D_g ها برای رسوب مورد نظر بدست می آید.

عوامل متعددی در همسانی یا ناهمسانی عددی D_g های بدست آمده از الیکوت ها دخالت دارند که می توانند به خصوصیات فیزیکی ذاتی دانه های کوارتز یا فلدسپار و یا به شرایط تشکیل رسوب ربط داشته باشد. از مهم ترین عوامل که سبب ناهمگونی در D_g های بدست آمده از الیکوت های یک نمونه می شود، صفر شدگی کامل و صفر شدگی ناقص نام دارند (اولی و همکاران، 2004؛ دالر، 2008).

دانه های کوارتز و فلدسپار وقتی در مدت زمان کافی تحت تابش نور قرار بگیرند همه سیگنال لومینسانس ذخیره شده در آنها تابش می شود و به عبارت دیگر ساعت آن صفر می شود. وقتی دانه های کوارتز و فلدسپار دوباره دفن می شوند، سیگنال لومینسانس مجدداً در آنها شروع به ذخیره شدن می کند. تا زمانی که نمونه را برداشت و به آزمایشگاه جهت سن یابی می آوریم و سیگنال لومینسانس آن را اندازه می گیریم. در حقیقت این سیگنال لومینسانس نشان دهنده ی زمانی است که نمونه دفن شده است. حال اگر بنا به شرایطی این نمونه در طبیعت مدت زمان کافی تحت تابش نور واقع نشده باشد، همه سیگنال لومینسانس آن خارج نشده و مقداری باقی مانده است. این نمونه وقتی دفن شود، حاوی میزانی سیگنال لومینسانس اضافی خواهد بود که از این پدیده به نام صفر شدگی ناقص تعبیر می شود. مثلاً رسوباتی که در زمان تشکیل با جریان آب همراه هستند از جمله رسوبات حاصل از سیل معمولاً در مدت زمان کافی تحت تابش نور قرار نمی گیرند و بنابراین دارای صفر شدگی ناقص

کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

هستند (ریتنور، ۲۰۰۸؛ رودنایت، ۲۰۰۶). در نتیجه رسوباتی که برای آنها صفر شدگی کامل رخ نداده است، سن واقعی خود را نشان نمی دهند و عددی بزرگتر را نشان می دهند. در این شرایط مجموعه ای از D_e ها حاصل می شود که مدل کمترین سن کمک می کند تا به کمک آنها D_e درست اندازه گیری شود. اما اگر نمونه ها همگن و هم جنس و دارای صفر شدگی کامل باشند، مثل رسوبات بادی، می توان برای تعیین سن آنها از مدل سن مرکزی استفاده کرد.

هدف از این مقاله معرفی دو مدل مهم آماری برای تعیین D_e در رسوبات همگن و هم جنس دارای صفر شدگی کامل و رسوبات دارای صفر شدگی ناقص یعنی مدل سن مرکزی و مدل کمترین سن است.

نمونه های مورد بررسی در این مقاله متعلق به ترانسه ایراهستند که توسط قاسمی و همکاران (۲۰۱۴) برداشت شده بود. و لذا از کلیه آنها تشکر می شود. این ترانسه در محل ارتباطی گسل شمال تهران و گسل مشا واقع شده است. شاخه ی شرقی گسل مشا و ابتدای گسل شمال تهران در منطقه لواسانات در مجاورت یکدیگر واقع شده اند و ترانسه ایرا در این محل قرار دارد. از آنجایی که شهر تهران به عنوان پایتخت کشور جمعیتی بالغ بر ۱۵ میلیون نفر دارد (سلیمانی آزاد و همکاران، ۲۰۱۱) بررسی زلزله خیزی آن از اهمیتی بسیار برخوردار است. بنابه بررسی های زمین ریخت شناسی انجام شده، گسل شمال تهران و گسل مشا فعال محسوب می شوند در نتیجه فعالیت لرزه خیزی آنها خطری بزرگ خصوصا برای ساکنان نواحی شمالی و شمال غربی شهر تهران به همراه خواهد داشت (قاسمی و همکاران، ۲۱۰۴). از طرفی ساختمان سازی های گسترده در طول چند دهه اخیر در این مناطق خود گواه دیگری بر ضرورت بررسی فعالیت های لرزه ای دو گسل فوق است. از آن جایی که با تعیین سن رسوبات حاصل از آثار زلزله های گذشته می توان زمان فعالیت گسل ها در گذشته را آشکار کرد، ارزش و اهمیت سن یابی نوری و پژوهش های حاصل از آن از جایگاه ویژه ای برخوردار است.



بحث و روش تحقیق:

پس از اینکه در آزمایشگاه برای هر الیکوت یک D_e بدست آمد باید به منظور تعیین سن آن نمونه از بین مجموعه ی D_e های بدست آمده، D_e درست محاسبه شود تا براساس آن سن بدست بیاید. برای داشتن درک بهتر از نحوه توزیع D_e ها از نمایش داده ها استفاده می شود. امروزه بهترین روش نمایش داده های لومینسانس نوری، نمایش شعاعی است که اولین بار توسط گالبریت معرفی شد (گالبریت، ۱۹۸۸). در این روش امکان مشاهده ی همه ی D_e ها به همراه خطایشان میسر است در نتیجه مقایسه و دسته بندی D_e ها راحت تر صورت می گیرد (دالر، ۲۰۰۸)، شکل های (۱ و ۲ و ۳ و ۴). در این نمایش کماتی در سمت راست بر حسب واحد دز (گری) یا لگاریتم آن مدرج می شود. زیرا نحوه تابش نور لومینسانس از تابع نمایی پیروی می کند و با گرفتن لگاریتم طبیعی از آن، تابع نمایی حذف می شود و محاسبات ساده تر می شود (برگر، ۲۰۱۰؛ گالبریت، ۱۹۹۹). در سمت چپ نمودار روی محور کوچک لا بازه ی $[-2\sigma, 2\sigma]$ مشخص شده است. σ نشان دهنده ی انحراف معیار مجموعه ی D_e هاست. از آنجایی که اگر داده ها بصورت نرمال توزیع شوند ۹۵ درصد آنها در بازه $[-2\sigma, 2\sigma]$ قرار می گیرد، مجموعه داده هایی که در این بازه قرار می گیرند را می توان

کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

به رنگی مثلا خاکستری نشان داد تا هم چون نمودار گوسی نشان دهنده ی میزان نزدیکی داده ها به میانگین یا بر عکس پراکندگی شان باشد. به کمک این نمودار می توان خیلی راحت تر به توضیح مدل های آماری از جمله مدل سن مرکزی و مدل کمترین سن پرداخت. برای داشتن درک بهتر در آغاز، مدل سنی مشترک (Common Age Model) مطرح می شود که مدلی آزمایشگاهی است که در آن سیگنال همه دانه ها صفر شده و سپس تحت تابش یکسان اشعه رادیو اکتیو قرار گرفته اند لذا خطاهای موجود در محیط طبیعی حذف شده است. سپس به دو مدل بعد پرداخته می شود.

مدل سنی مشترک (Common Age Model):

در این مدل فرض می شود همه ی الیکوت ها تحت تابش یکسانی از اشعه رادیو اکتیو قرار گرفته و دارای سیگنال لومینسانس مشابهی باشند. لگاریتم دز تابشی به آنها با δ نشان داده می شود. این تابش سبب بوجود آمدن سیگنال لومینسانس می شود که مقدار لگاریتم آن برای هر الیکوت با D_i و خطای حاصل از آن با s_i نشان داده می شود. حال برای بدست آوردن D_0 از مجموعه ی D_i ها باید میانگین گیری شود. از آنجایی که خطای داده های D_i در سن یاب نوری اهمیت بالایی برخوردار است (برگر، 2010؛ دالر، 2008)، باید در میانگین گیری وارد شوند به این علت از میانگین وزن دار استفاده می شود (رابطه 2) که وزن هر داده در حقیقت معکوس مربع خطای آن داده محسوب می شود (رابطه 3)، (گالبریت و همکاران، 1999؛ گالبریت و روبرتس، 2012).

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i D_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i} \quad (2)$$

ω_i ها وزن هر داده هستند که با رابطه (4) تعریف می شوند:

$$\omega_i = \frac{1}{s_i^2} \quad (3)$$

مدل سنی مرکزی (Central Age Model):

در این مدل فرض بر این است که داده ها تحت تابش یکسانی از دز رادیو اکتیو قرار نمی گیرند اما تفاوت دزها با هم خیلی زیاد نیست تا جایی که اکثریت D_i ها حول مرکز، یعنی تعداد قابل توجهی از آنها در بازه $[-2\sigma, 2\sigma]$ قرار می گیرند. در این جا هم برای بدست آوردن D_0 از میانگین گیری وزن دار D_i ها استفاده می شود (رابطه 2) تفاوت این میانگین با میانگین گیری قبل تفاوت در وزن هر داده است. در حقیقت در این روش مربع انحراف معیار یعنی σ^2 به مربع هر خطا اضافه می شود (رابطه 4)، (گالبریت و همکاران، 1999؛ گالبریت و روبرتس، 2012). حضور σ^2 در این وزن، نشان دهنده ی نزدیکی یا دوری داده ها از میانگین است.

$$\omega_i = \frac{1}{\sigma^2 + s_i^2} \quad (4)$$

در رابطه (4)، σ کمیت بیش پراکنش (Overdispersion) نام دارد (گالبریت و همکاران، 1999؛ گالبریت و روبرتس، 2012) در حقیقت مقدار آن که عمدتاً بصورت درصد بیان می شود نشان دهنده ی میزان دوری یا نزدیکی داده ها نسبت به میانگین است.

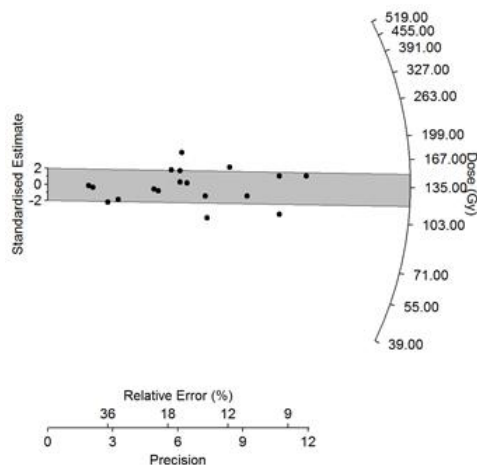
کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

مدل کمترین سن (Minimum Age Model):

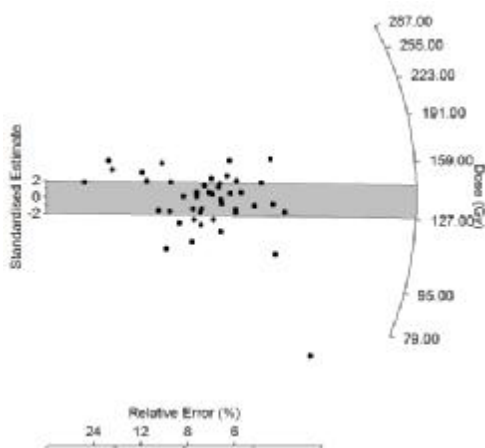
در حالی که در زمان تشکیل رسوب قسمت هایی از آن به علت صفر شدگی ناقص سنی بیشتر از زمان دفن را نشان دهند دیگر استفاده از مدل سن مرکزی ممکن نخواهد بود. از نظر شماتیک هم اکثریت داده ها معمولا در نمودار شعاعی در بازه $[-2\sigma, 2\sigma]$ قرار نمی گیرند. در این حالت برای بدست آوردن D_0 درست از مدل کمترین سن استفاده می شود. برای انتخاب کمترین D_0 ها رویکردهای متفاوتی وجود دارد از جمله اولی پیشنهاد کرد که 5 درصد ابتدایی بازه به عنوان داده هایی که سن درست را نشان می دهند انتخاب شوند (اولی و همکاران، 1999). به علاوه برنامه های متعدد دیگری برای دسترسی به کمترین سن نوشته شد (گالبریت و همکاران، 1999؛ گالبریت و روبرتس، 2012).

نتایج سن یابی:

در این قسمت نمودارهای شعاعی برای 4 نمونه ترانسه ایرا به کمک نرم افزار Radial plotter رسم شده است (ورمچ، 2009). دو تا از این داده ها با مدل سن مرکزی و دو تای دیگر با مدل کمترین سن بر مبنای اولی (1999) سن یابی شده اند و نتایج آنها در جدول های 1 و 2 آورده شده است.



شکل 1: نمودار شعاعی ایرا 3

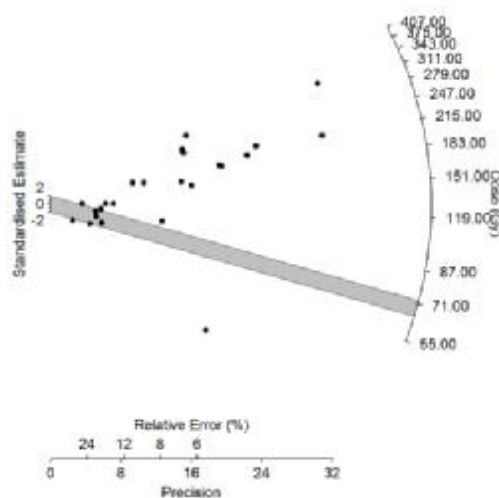


کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی
و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین
۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

شکل 2: نمودار شعاعی ایرا 7

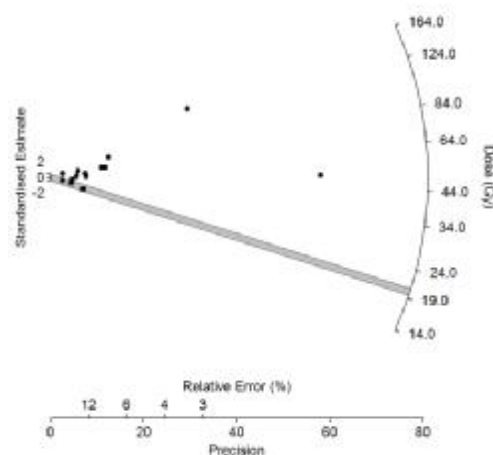
جدول 1: نتایج مربوط به تعیین سن نمونه ایرا 3 و ایرا 7 از مدل سن مرکزی

نمونه	بیش پراکنش (σ)	مقدار D_p به روش CAM	سن بدست آمده از طریق CAM
ایرا 3	%20/91	125/34 ± 9/40	82/80 ± 9/9
ایرا 7	%21/26	133/30 ± 9/89	104/40 ± 13/7



شکل 3: نمودار شعاعی ایرا 2

کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



شکل 4: نمودار شعاعی ایرا 8

جدول 2: نتایج مربوط به تعیین سن نمونه ایرا 2 و ایرا 8 از مدل کمترین سن

نمونه	بیش پراکنش (σ)	مقدار $D_{0.5}$ به روش MAM	سن بدست آمده از طریق MAM
ایرا 2	%73/41	67.43±8.32	41.68±6.12 (ka)
ایرا 8	%25/32	20/0± 6/3	13/1± 4/3

بحث:

نموار شعاعی برای داده های ایرا 3، ایرا 7، ایرا 2 و ایرا 8 نمایش داده شد. کمیت بیش پراکنش برای آنها محاسبه شده است اولی و همکاران پیشنهاد دادند که با توجه به مطالعاتی که آنها بر روی برخی نمونه انجام داده اند، نمونه هایی که کمیت بیش پراکنش حدود 20 درصد داشته اند، سیگنال لومینسانس آنها با تقریب خوبی بطور کامل صفر شده اند و بنابراین می توان از مدل سن مرکزی برای آنها استفاده کرد. به همین دلیل برای ایرا 3 و ایرا 7 که بیش پراکنش آنها به ترتیب 20/91% و 21/26% محاسبه شد می توان از مدل سن مرکزی استفاده کرد. به علاوه نمودار شعاعی به خوبی بیانگر متمرکز بودن اکثریت داده ها در بازه $[-2\sigma, 2\sigma]$ است. در مقابل بیش پراکنش برای داده های ایرا 2 و ایرا 8 به ترتیب برابر با 73/41% و 25/32% بدست آمد. پس مدل سن مرکزی مفید نیست و سن آنها از مدل کمترین سن محاسبه شده است.



کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

نتیجه گیری:

شرایط تشکیل رسوبات در نحوه سن یابی آن تاثیر بسزایی خواهد داشت. یکی از این شرایط صفر شدگی ناقص و صفرشدگی کامل است که مطابق با آنها مدل سن مرکزی و مدل کمترین سن برای اندازه گیری D_e مورد استفاده قرار می گیرد. برای حصول اطمینان از درستی روش مورد استفاده علاوه بر مسائل آماری عنوان شده در این مقاله آگاهی از شرایط زمین شناسی محیط و هم چنین چینه نگاری لایه های رسوبی در تعیین سن درست نقشی اساسی دارد که در حقیقت به کمک مجموعه ای این اطلاعات می توان روش درست را برای تعیین D_e و در نتیجه برای محاسبه سن انتخاب کرد.



References:

Aitken, M.J., 1998, *An Introduction to Optical Dating*. Oxford, Oxford University Press.

Berger, G. W., 2010. *An alternate form of probability-distribution plot for D_e values*. Ancient TL Vol. 28 No.1

Duller, G. A. T., Bitter-Jensen, L., Kohsiek, P. and Murray, A. S. 1999, *A high-sensitivity optically stimulated luminescence scanning system for measurement of single sand-sized grains*. Radiation Protection Dosimetry 84, 325–330.

Duller, G. A. T., 2008, *Single-grain optical dating of Quaternary sediments: why aliquot size matters in luminescence dating*. Boreas 37, 589-612.

Galbraith, R. F., Roberts, R.G., Laslett, G.M., Yoshida, H. and Olley, J.M., 1999, *Optical dating of single and multiple grains of quartz from Jinnium rock shelter, northern Australia: Part I, experimental design and statistical models*. Archaeometry 41, 339-364.

Galbraith, R. F. and Roberts, R.G., 2012, *Statistical aspects of equivalent dose and error calculation and display in OSL dating: An overview and some recommendations*. Quaternary Geochronology 11, 1-27.

Ghassemi, M. R., Fattahi, M., Landgraf, A., Ahmadi, M., Ballato, P. and Tabatabaei, S., 2014 *Kinematic links between the Eastern Moshfa Fault and the North Tehran Fault, Alborz range, northern Iran*. Tectonophysics 622 (2014) 81–95.

Olley, J. M., Caitcheon, G. G. and Roberts, R. G. 1999. *The origin of dose distributions in fluvial sediments, and the prospect of dating single grains from fluvial deposits using optically stimulated luminescence*. Radiation Measurements 30, 207–217.

Olley, J. M., Pietsch, T. and Roberts, R. G., 2004. *Optical dating of Holocene sediments from a variety of geomorphic settings using single grains of quartz*. Geomorphology 60, 337–358.

Rittenour, T.M., 2008. *Luminescence dating of fluvial deposits: applications to geomorphic, palaeoseismic archaeological research*. Boreas 37, 613-635.

Rodnight, H., 2006. *Developing a Luminescence Chronology for Late Quaternary Fluvial Change in South African Floodplain Wetlands*. Ph.D. dissertation, University of Wales, 304 pp.

Solaymani Azad, S., Ritz, J.-F. and Abbassi, M.R., 2011. *Left-lateral active deformation along the Moshfa–North Tehran investigations*. Tectonophysics 497, 1–14. fault system (Iran): morphotectonics and paleoseismological

Galbraith, R. F., 1988, *Graphical display of estimates having differing standard errors*. Technometrics 30, 271-281.



کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی
و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین
۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

Vermeesch ,P., 2009, Radial Plotter: A Java application for fission track, luminescence and other radial plots. Radiation Measurements 44 (2009) 409–410.