

## راندگی پنهان چسکین و اثر احتمالی آن بر هزاره گمشده (دشت قزوین)

رضا صحبتی<sup>۱</sup>، مرتضی فتاحی<sup>۲\*</sup>، حسن فاضلی نشلی<sup>۳</sup>، مارک کوئیگلی<sup>۴</sup>، آرمین اشمیت<sup>۵</sup>، قاسم عزیزی<sup>۶</sup> و مهران مقصودی<sup>۷</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوفیزیک، گروه فیزیک زمین، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران  
<sup>۲</sup> استادیار، گروه فیزیک زمین، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران  
<sup>۳</sup> استادیار، گروه باستان‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران، ایران  
<sup>۴</sup> استادیار تکنونیک جنبا، دانشکده زمین شناسی، دانشگاه کانتربری، نیوزیلند  
<sup>۵</sup> استادیار ژئوفیزیک باستان‌شناسی، بخش باستان‌شناسی دانشگاه بردفورد، انگلستان  
<sup>۶</sup> دانشیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران، ایران  
<sup>۷</sup> استادیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران، ایران

(دریافت: ۸۷/۱۰/۸، پذیرش نهایی: ۸۹/۷/۲۸)

### چکیده

کاوش‌های باستان‌شناسی در سه محوطه باستانی زاغه، قبرستان و سگزآباد در دشت قزوین در شمال غرب ایران مرکزی نشان می‌دهد که تپه باستانی زاغه در هزاره‌های ششم و پنجم پیش از میلاد مورد سکونت قرار داشته است. اما به دلایل نامعلومی زندگی در این تپه متوقف شده و با آغاز هزاره چهارم پیش از میلاد، در تپه قبرستان از سر گرفته شده است. زندگی در "قبرستان" برای هزار سال ادامه داشته و با توجه به فراوانی کوره‌های سفالگری یافت شده در آن، گمان می‌رود که این تپه در زمان خود یک مرکز صنعتی پر رونق، با وسعتی در حدود ده هکتار بوده باشد. با این حال معلوم نیست که چرا در آغاز هزاره سوم پیش از میلاد، زندگی در این تپه نیز متوقف شده است و از آن پس نزدیک به هزار سال (هزاره گمشده) نشانی از سکونت در حوالی آن یافت نمی‌شود؛ تا اینکه در اواخر هزاره سوم پیش از میلاد، گروهی از مردمان، این بار در تپه سگزآباد ساکن شدند.

بررسی پیشینه لرزه‌خیزی و لرزه‌زمین‌ساخت گستره قزوین نشان می‌دهد که رخداد زمین‌لرزه به‌منزله یکی از دلایل ممکن در ترک سکونت در تپه باستانی قبرستان، کاملاً محتمل است. یکی از گسل‌هایی که جنبش روی آن می‌توانسته باعث ویرانی "قبرستان" شود، راندگی پنهان چسکین است که نخستین بار در این تحقیق معرفی می‌شود. همچنین میزان فعالیت این گسل با استفاده از سن‌یابی به شیوه لومینسانس برانگیخته شده نوری (optically stimulated luminescence)، تعیین شده است.

واژه‌های کلیدی: راندگی پنهان چسکین، دشت قزوین، رخشانی برانگیخته شده نوری هزاره گمشده

## Cheskin blind thrust and its probable effect on the missing millennium (Qazvin plain)

Sohbati, R.<sup>1</sup>, Fattahi, M.<sup>2</sup>, Fazeli, H.<sup>3</sup>, Quigley, M.<sup>4</sup>, Schmidt, A.<sup>5</sup>, Azizi, Gh.<sup>6</sup> and Maghsoudi, M.<sup>7</sup>

<sup>1</sup> M.Sc. Student of Geophysics, Earth Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

<sup>2</sup> Assistant Professor, Earth Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

<sup>3</sup> Assistant Professor, Department of human sciences, Institute of Archaeology, University of Tehran, Iran

<sup>4</sup> Assistant Professor, Department of Geological Sciences, University of Canterbury, New Zealand

<sup>5</sup> Assistant Professor, Department of Archaeological Sciences, University of Bradford, England

<sup>6</sup> Associate Professor, Department of Geography, University of Tehran, Iran

<sup>7</sup> Assistant Professor, Department of Geography, University of Tehran, Iran

(Received: 28 Dec 2008, Accepted: 20 Oct 2010)

### Abstract

The archaeological investigations of three prehistoric tells (Zagheh, Qabrestan, and Sagzabad) located at a distance of ~2 km from each other in the Qazvin plain (NW Iran) indicates that Tepe Zagheh was occupied in 6th and 5th millennia B.C. But due to unknown reasons life at this site ceased and started in Tepe Qabrestan at the beginning of

4th millennium B.C. This tell was occupied for a millennium, and the abundance of pottery workrooms shows that this site was probably an industrial center with an area of ~10 hectares at the time. However, again due to unknown reasons, Qabrestan was deserted, and for ~1000 years (The Missing Millennium, 3000-2100 B.C) there was no sign of habitation around it until the end of the 3rd millennium B.C when this time Iron Age people settled in Tepe Sagzabad.

Among many possibilities from natural reasons such as climate change to human activities like war which could cause the abandonment of Qabrestan, the occurrence of an earthquake is also likely. According to past seismicity and the seismotectonics of the Qazvin region, the occurrence of an earthquake during the Missing Millennium is possible.

One of the active faults in the Qazvin region, whose movement could have led to the destruction of Tepe Qabrestan is the Cheskin Blind Thrust. This fault which was previously unknown has a length of at least 12 km and is capable of generating earthquakes with magnitudes of 6. Because of this and the importance of blind thrusts in general, we decided to determine the activity of this fault. We took a sample from the top of a fold from a ridge which was uplifted due to the activity of the Chekin Blind Thrust beneath. The age of this sample was determined by applying the OSL dating method. Using this age, we estimated an uplift rate of  $1.9 \pm 0.5$  mm/yr. Considering a dip angle of  $30^\circ$ , we also estimated a convergence rate of 2.4-4.2 mm/yr and a slip rate of 2.8-4.8 mm/yr for this blind thrust. Using the Scholz' relationship (1982) which relates the length of the fault to its average displacement per event, the average displacement on this fault is ~0.6 m. Division of this average displacement per event by the estimated slip rate leads to a return period of 125-214 years for the earthquakes on the Cheskin Blind Thrust.

**Key words:** Cheskin Blind Thrust, Qazvin Plain, the Missing Millennium, OSL

## ۱ مقدمه

بین پایان زندگی در زاغه و شروع سکونت در قبرستان وجود دارد. این در حالی است که تپه سگزآباد تنها از ۲۱۰۰ ق.م. مورد سکونت قرار گرفته است (طلایی، ۱۹۸۳). بدین ترتیب یک گاف سکونتی هزار ساله بین پایان سکونت در قبرستان و آغاز سکونت در سگزآباد وجود دارد که به هزاره گمشده شهرت یافته است.

به راستی چه عاملی باعث پیدایش این توقف هزار ساله سکونت در دشت قزوین بوده است؟ آیا عوامل انسانی چون بیماری یا جنگ باعث ترک قبرستان شده است؟ یا عوامل طبیعی چون سیل یا زمین لرزه مسبب آن بوده است؟

نگاهی به پیشینه لرزه خیزی گستره قزوین نشان می دهد که این ناحیه به لحاظ زمین ساختی بسیار فعال است و تا کنون زمین لرزه های فراوانی را در دوره های متفاوت

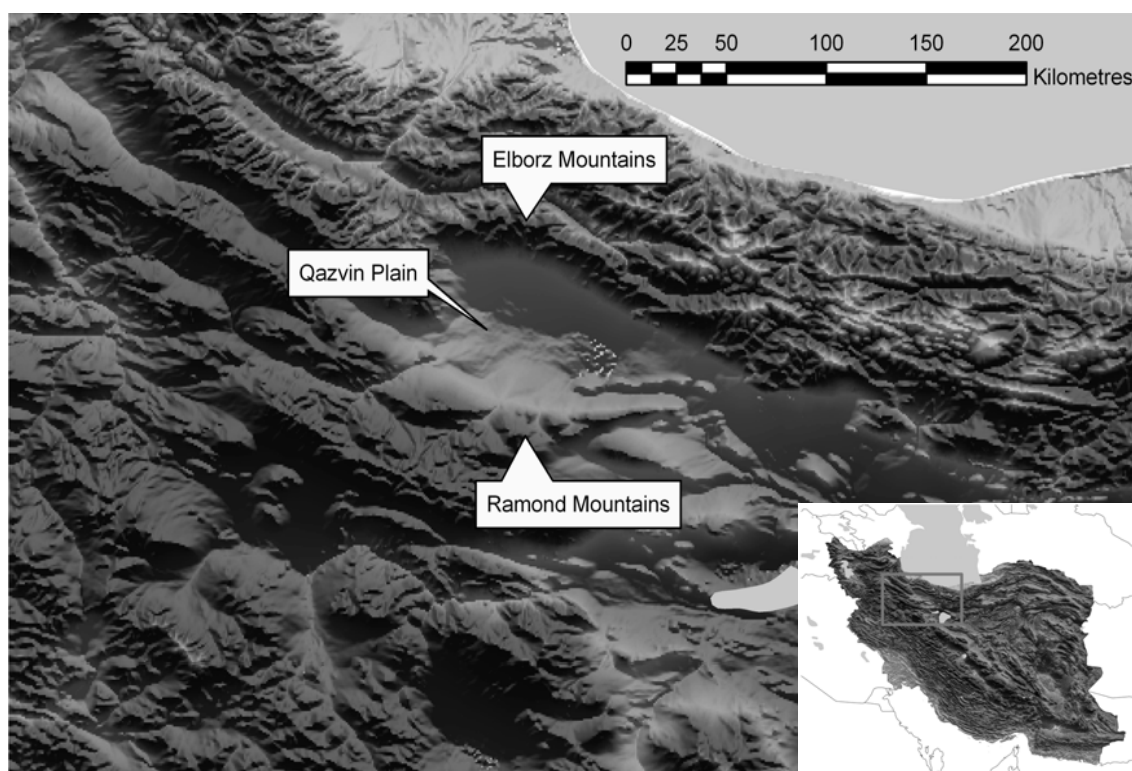
پژوهش های باستان شناسی در دشت قزوین در شمال غرب ایران مرکزی نشان می دهد که این ناحیه به دلیل آب و هوای خوش و شرایط مساعد برای کشاورزی و دامپروری، از هزاره های پیش از تاریخ مورد سکونت بوده است (اشمیت و همکاران، ۲۰۰۵؛ فاضلی نشلی، ۱۳۸۵). تاکنون حدود ۲۰ تپه باستانی مربوط به دوره های استقرار پیش از تاریخ در دشت قزوین شناسایی شده است (فاضلی نشلی، ۱۳۸۵) که از میان آنها سه محوطه باستانی زاغه، قبرستان و سگزآباد مورد بررسی های نسبتاً دقیقی قرار گرفته است. گاه نگاری های مطلق نشان می دهد که تپه زاغه از ۵۰۷۰-۵۳۷۰ ق.م. تا ۴۲۴۰-۴۴۶۰ ق.م. و تپه قبرستان از ۴۲۰۰ ق.م. تا ۳۰۰۰-۳۲۰۰ ق.م. مورد سکونت قرار داشته است (فاضلی نشلی و همکاران، ۲۰۰۵؛ فاضلی نشلی، ۱۳۸۵). بنابراین یک همپوشانی نسبی

زمین ساخت جنبای ایران متأثر از حرکت شمال‌سوی صفحه عربستان در جنوب غرب به سمت صفحه پایدار اوراسیا در شمال شرق است. قسمت اعظم این حرکت همگرا با آهنگ ۳۵-۲۵ میلی‌متر در سال (ورنانت و همکاران، ۲۰۰۴)، با کوتاه شدگی در امتداد گسل‌های معکوس و امتداد لغز در ایران همراه است (فتاحی و همکاران، ۲۰۰۶).

دشت قزوین واقع در شمال غرب ایران مرکزی گستره‌ای است که در شمال و جنوب به ترتیب با رشته کوه‌های البرز و راموند احاطه شده است (شکل ۱). مرز این دشت با رشته کوه‌های البرز در شمال را گسل شمال قزوین و مرز جنوبی آن با کوه‌های راموند را گسل ایپک تشکیل می‌دهد که هر دوی آنها گسل‌هایی فعال و لرزه‌خیزند.

تاریخی و دستگامی تجربه کرده است. بنابراین، رخداد زمین‌لرزه به منزله یکی از عواملی که می‌توانسته منجر به ترک سکونت در تپه قبرستان شود، کاملاً محتمل است. یکی از گسل‌هایی که جنبش روی آن می‌توانسته منجر به ویرانی تپه قبرستان شود، راندگی پنهان چسکین (Cheskin Blind Thrust) است که پیش از این تحقیق ناشناخته بود. در تحقیق حاضر، برای تعیین نرخ لغزش این گسل، نمونه برداشت شده از فراز یکی از چین‌خوردگی‌های روی آن را به شیوه لومینسانس برانگیخته شده نوری (OSL, Optically stimulated luminescence) سن‌یابی کردیم (فتاحی، ۲۰۰۳). نتیجه به دست آمده نشان از فعالیت و خطر لرزه‌خیزی زیاد این راندگی پنهان دارد.

## ۲ جایگاه زمین‌ساختی دشت قزوین



شکل ۱. دشت قزوین واقع در شمال غرب ایران مرکزی (اشمیت و همکاران، ۲۰۰۵).

در حد فصل میان این دو گسل، گسل‌های فعال دیگری نیز شناسایی شده‌اند که اطلاعات چندانی از سابقه لرزه‌خیزی آنها وجود ندارد و صرفاً براساس حدس و گمان، زمین‌لرزه‌های تاریخی روی داده در دشت قزوین را به برخی از آنها نسبت داده‌اند (رجوع شود به بربریان و همکاران، ۱۳۷۱). یکی از این گسل‌ها که پیش از این ناشناخته بود، راندگی پنهان چسکین است. توانایی این گسل برای تخریب تپه قبرستان در کنار اهمیت ذاتی راندگی‌های پنهان، ما را بر آن داشت تا اطلاع بیشتری از میزان فعالیت این گسل به دست آوریم.

### ۳ راندگی پنهان چسکین

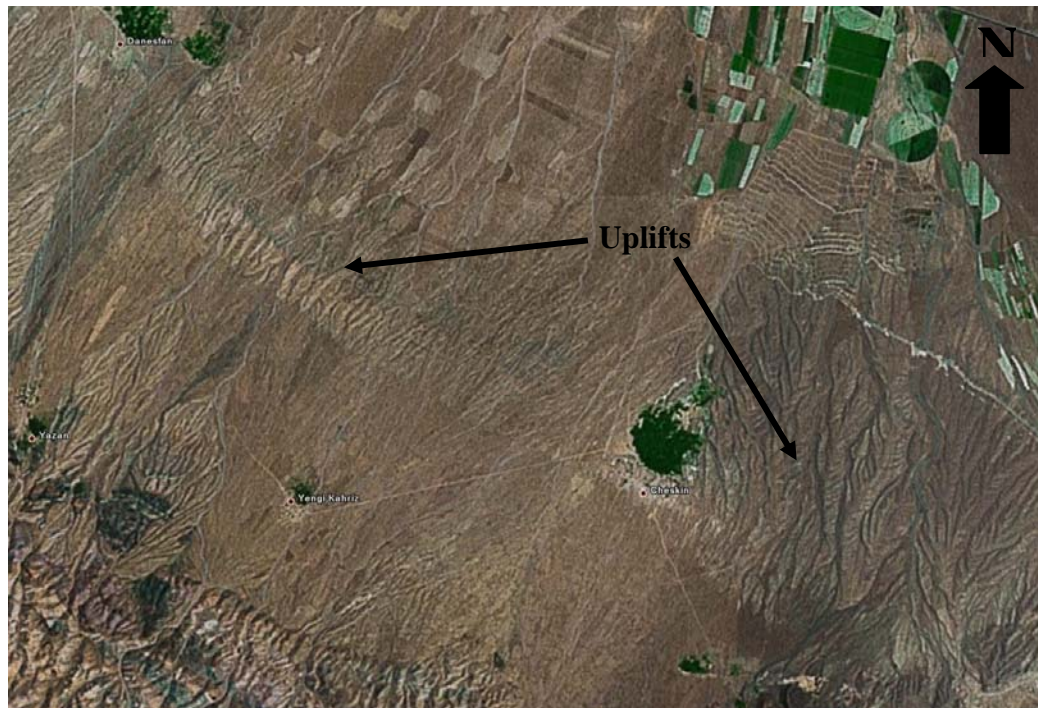
در جریان بررسی‌های میدانی و بازدیدهای صحرایی در

جنوب تپه قبرستان، حضور یک رشته تپه که به صورت خطی بالا آمده و در کنار یکدیگر ردیف شده بودند، توجه ما را به خود جلب کرد. این چین‌خوردگی‌ها را می‌توان در حرکت به سمت جنوب، در سمت چپ مسیری که از جاده بویین- پناه آباد جدا شده و به سمت دانسفهان می‌رود به وضوح مشاهده کرد (شکل ۲).

این بالا آمدگی‌ها (uplifts) که درست به موازات رشته‌کوه راموند تغییر شکل یافته و فراخاسته است، جبهه‌ای با روند شمال غربی- جنوب شرقی در برابر کوه‌های راموند تشکیل می‌دهد که از شرق دانسفهان در شمال غرب آغاز، و تا شرق چسکین در جنوب شرق کشیده شده است، و روی تصاویر ماهواره‌ای نیز به روشنی قابل شناسایی و تشخیص است (شکل ۳).



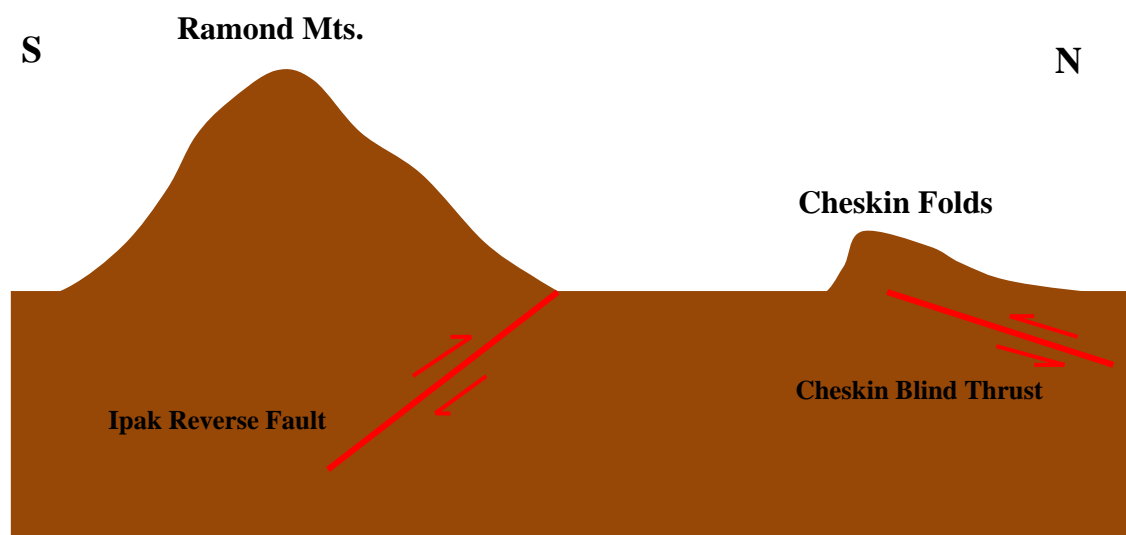
شکل ۲. چین‌خوردگی‌ها روی راندگی پنهان چسکین در جنوب دشت قزوین (نگاه به شمال).



شکل ۳. بالا آمدگی‌ها با روند شمال غرب- جنوب شرق، از دانسفهان در شمال غرب تا چسکین در جنوب شرق کشیده شده‌اند.

که جنبش روی آن موجب شکل گیری رشته کوه راموند شده است، وجود ندارد. بنابراین، و با توجه به ریخت شناسی این تپه‌ها، حضور یک راندگی پنهان (کور) در زیر این بالا آمدگی‌ها، قطعی به نظر می‌رسد (شکل ۴).

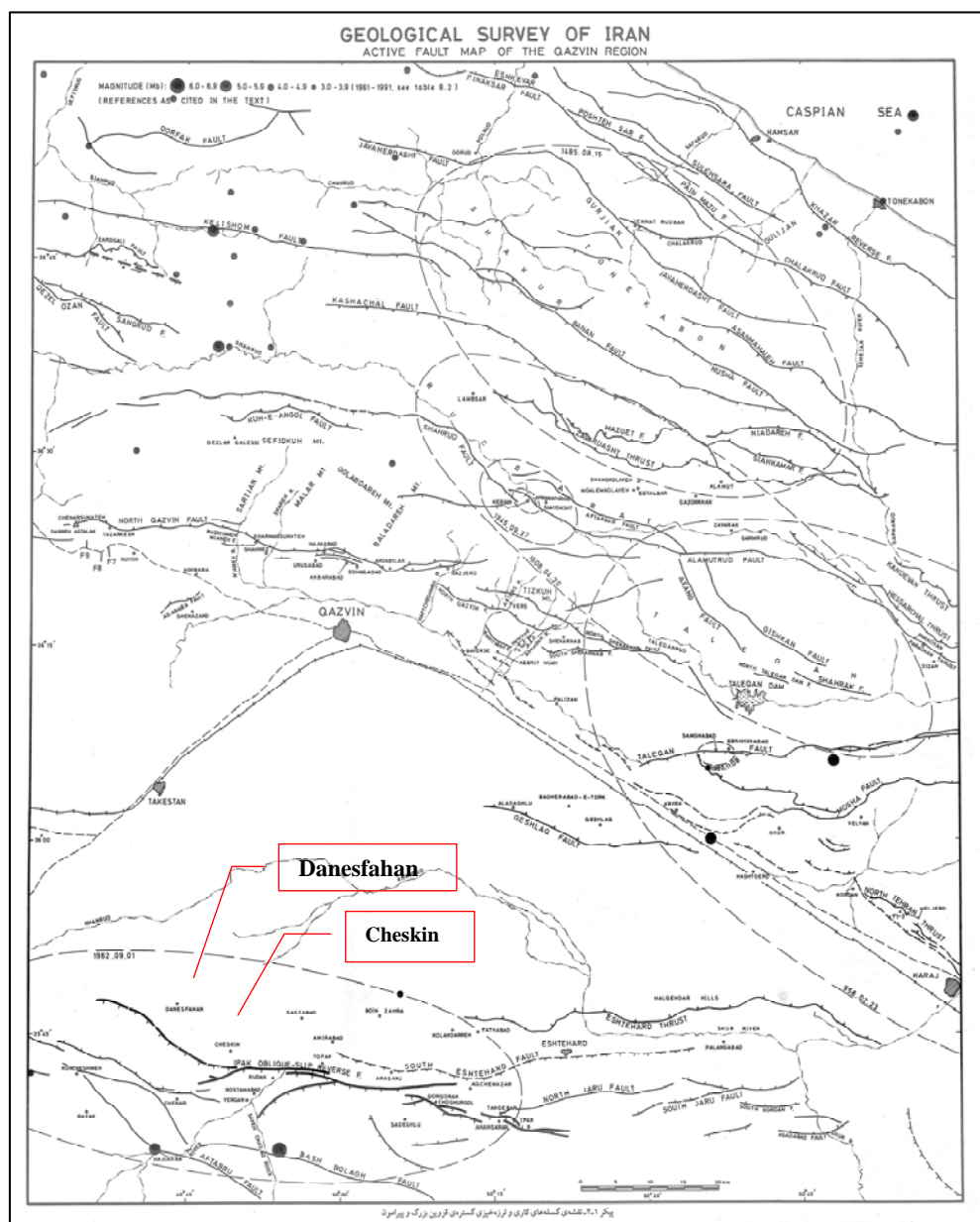
فاصله بین این تپه‌ها تا کوه‌های راموند بین ۲ تا ۴ کیلومتر است، که با توجه به این فاصله و همچنین جهت شکل گیری آنها که بر خلاف کوه‌های راموند است، احتمال پدید آمدن این تپه‌ها در نتیجه فعالیت گسل ایپک



شکل ۴. شمایی از راندگی پنهان چسکین و گسل فشاری ایپک.

شناسی). در جریان مکتوبات شخصی بربریان ضمن تأیید وجود بربریان ضمن تأیید وجود بربریان ضمن تأیید وجود این راندگی پنهان، به وجود نواقص احتمالی در گزارش یادشده اشاره کرد. بنابراین، ضمن این تحقیق، راندگی پنهانی که آن را راندگی پنهان چسکین نام نهادیم، نخستین بار شناسایی و معرفی می‌شود.

در جست‌وجو به دنبال این راندگی پنهان روی نقشه گسل‌های پهنه قزوین بزرگ که بربریان و همکاران (۱۳۷۱) آن را تهیه کرده‌اند، دریافتیم که در فاصله بین چسکین و دانشفهان و اساساً در مرز جنوبی دشت قزوین در این قسمت، جایی که کوه‌های راموند قرار دارد، جز گسل معروف ایپک، گسل دیگری به نقشه در نیامده است (شکل ۵) (گزارش شماره ی ۶۱ سازمان زمین



شکل ۵. نقشه گسل‌های فعال گستره قزوین. (بربریان و همکاران، ۱۳۷۱).

## ۳-۱ اهمیت راندگی های پنهان

به آن دسته از گسل های فشاری کم شیب ( $< 30^\circ$ ) یا راندگی ها که با گسیختگی سطحی همراه نیستند و در واقع به سطح زمین نرسیده اند، راندگی های پنهان اطلاق می شود. تا پیش از دهه ۸۰ میلادی ارتباطی بین گسل های راندگی (تراستی) و چین خوردگی ها در سطح زمین شناخته نشده بود (واکر و همکاران، ۲۰۰۳). این بدان سبب بود که گسلش در ذهن زمین شناسان و زلزله شناسان فقط با ایجاد عوارضی چون گسیختگی سطحی، روانگرایی و یا دیواره گسلی همراه بود، و به عوارض سطحی که نشانه چین خوردگی فعال در سطح زمین بودند، در حکم نشانه ای از گسلش در عمق، توجهی نمی شد. این فقدان آگاهی همچنان ادامه داشت، تا اینکه رخداد چندین زمین لرزه در کالیفرنیا که همگی روی راندگی های پنهان روی دادند (زمین لرزه های ۱۹۸۳ کولینگا (Coalinga)، ویتیر نروس (Whittier Narrows) ۱۹۸۷ و نورث ریج (Northridge) ۱۹۹۴)، توجه پژوهشگران را به چین ساختارهایی جلب کرد (هاکسون و جونز، ۱۹۸۹؛ هاکسون و همکاران، ۱۹۹۵). رفته رفته و با عملی شدن بررسی های بیشتر، اطلاعات تازه تری فراهم شد که نشان دهنده رابطه مستقیم میان چین خوردگی فعال در سطح زمین و گسلش راندگی در عمق بود.

در این راستا، بازنگری هایی نیز درباره زمین لرزه های ویرانگری که پیش از ۱۹۸۰ میلادی در ایران روی داده بود صورت گرفت. در پرتو این تحقیقات، امروز می دانیم که زمین لرزه ویرانگر فردوس (۱۹۶۸،  $M_w = 6.3$ ) که منجر به مرگ ۹۰۰ نفر و ویرانی شهر فردوس شد، و نیز زمین لرزه طبس (۱۹۷۸،  $M_s = 7.4$ ) که بیش از بیست هزار تن را به کام مرگ کشید و از شهر طبس تلی از ویرانه به جای گذاشت، هر دو بر اثر جنبش روی راندگی هایی که پیش از وقوع زمین لرزه هیچ آگاهی از آنها نبود، روی داده اند (واکر و همکاران، ۲۰۰۳).

همچنین، رشته زمین لرزه های سفیدابه در ۱۹۹۴ و نیز زمین لرزه ۲۰۰۲ آوج، نتیجه لغزش روی راندگی هایی بود که در زیر چین خوردگی ها کمین کرده، و تا پیش از رخداد زمین لرزه پنهان مانده بودند (بربریان و همکاران، ۲۰۰۰؛ پارسونز و همکاران، ۲۰۰۶؛ واکر و همکاران، ۲۰۰۵). بنابر آن چه گفته شد، مهم ترین مسئله درباره چنین گسل هایی شناسایی پیش از رخداد جنبش روی آنها است، که هم از نظر زمین ساختی و هم به لحاظ برآورد خطر زمین لرزه، از اهمیت ویژه ای برخوردار است (بولارد و لتیس، ۱۹۹۳؛ لتیس و همکاران، ۱۹۹۷).

راندگی های پنهان را می توان از راه بررسی های زمین ریخت شناسی و تحقیق در شواهدی چون چین خوردگی فعال و در حال رشد، و نیز برش (incision) و افشان شدگی (disruption) در شبکه آبراه ها شناسایی کرد (واکر و همکاران، ۲۰۰۵). البته باید خاطر نشان ساخت که تشخیص چنین عوارضی همیشه آسان نیست. برای مثال این امکان وجود دارد که بالا آمدگی های نسبتاً کوچک با عوارض توپوگرافی و زمین شناسی پوشانده شوند، که در مورد راندگی آبدره چنین بود (واکر و همکاران، ۲۰۰۵). با وجود این، واکر و همکارانش (۲۰۰۵) موفق شدند تا با استفاده از افشان شدگی شبکه آبراه ها و برش مسیل ها و نیز به کمک داده های دستگاهی زمین لرزه آوج، به وجود راندگی آبدره پی ببرند (رجوع شود به واکر و همکاران، ۲۰۰۵). اما حضور چنین شواهدی الزاماً نشانه لرزه خیز بودن راندگی پنهان مسبب آنها نیست، زیرا این احتمال وجود دارد که چنین عوارضی در نتیجه جنبش های غیر زمین لرزه ای (aseismic) پدید آیند. در هر حال، با توجه به رویدادهای گذشته، رعایت جانب احتیاط و عملی ساختن بررسی های تکمیلی در برخورد با شواهد زمین ریخت شناسی مورد اشاره، ضروری است. در این راستا، تنها راه تشخیص میزان فعالیت بلندمدت (Long term) راندگی های پنهان،

تحقیق در دیرینه زلزله‌شناسی و تعیین سن دقیق رسوبات چین‌خورده است.

### ۲-۳ ویژگی‌های زمین‌ریخت‌شناسی راندگی پنهان چسکین

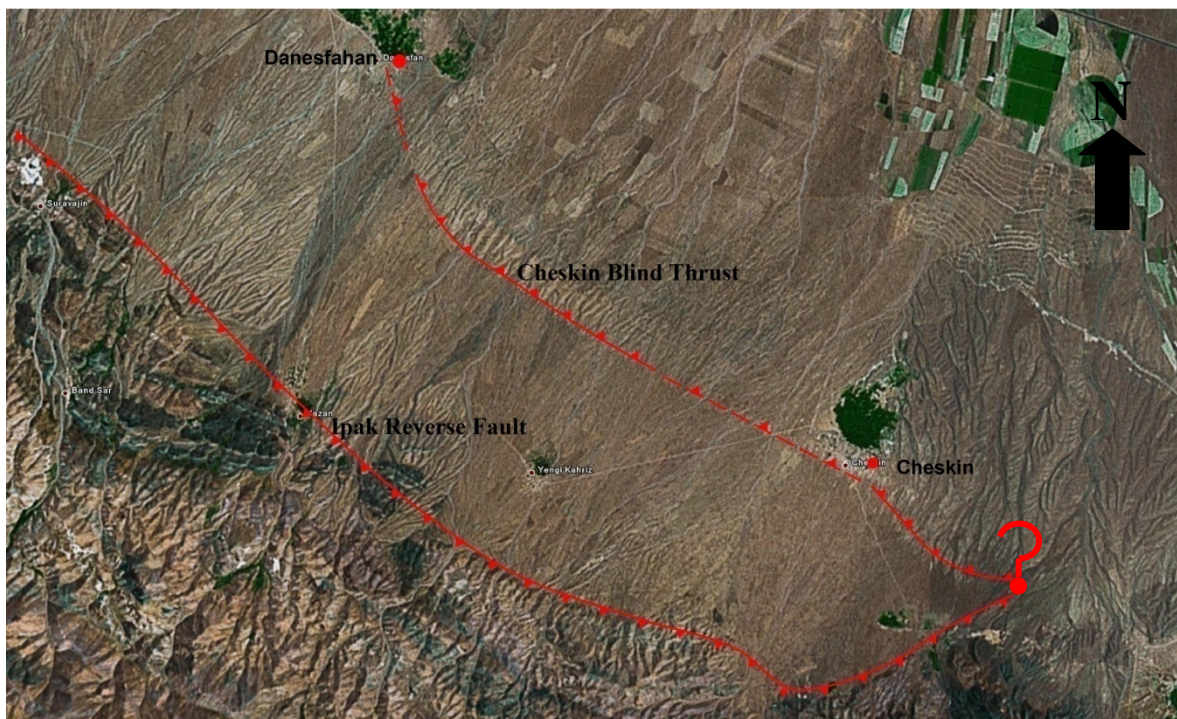
راندگی پنهان چسکین در ۶۰ کیلومتری جنوب شهر قزوین، با راستای شمال غرب- جنوب شرق و طول تقریبی ۱۲ کیلومتر از شرق روستای دانسفهان در شمال شرق تا شرق روستای چسکین در جنوب غرب کشیده شده است (شکل ۶). شیب این گسل به سمت شمال شرق بوده و در راستای آن آبرفت‌های دوره کواترنری به صورت خطی چین‌خورده و بالا آمده‌اند. در حد فاصل میان چسکین و رودک، چین‌خوردگی‌های ناشی از این گسل با بالا آمدگی‌های ناشی از گسل ایپک در هم آمیخته است، که این در هم آمیختگی عوارض توپوگرافی و زمین‌ریخت‌شناسی، احتمال همبستگی

لرزه‌زمین‌ساختی میان این دو گسل را افزایش می‌دهد. البته باید گفت که همراه با زمین‌لرزه ۱۹۶۲ بویین‌زهرها روی گسل ایپک، جنبشی روی این گسل گزارش نشده است (بربریان، ارتباط شخصی؛ آبرسیز، ۱۹۶۳). به هر حال، تأیید ارتباط یا نبود ارتباط بین راندگی پنهان چسکین با گسل ایپک، نیاز به بررسی‌های بیشتر دارد (شکل ۶).

### ۳-۳ توان لرزه‌زایی راندگی پنهان چسکین

برای تعیین توان لرزه‌زایی راندگی پنهان چسکین و پی بردن به بزرگی زمین‌لرزه‌های احتمالی ای که می‌تواند تولید کند، از رابطه ولز و کوپر اسمیت (۱۹۹۴) که بزرگی گشتاوری (Moment magnitude) را به طول گسیختگی زیرسطحی گسل‌های معکوس مربوط می‌کند، استفاده می‌کنیم (رابطه ۱).

$$M_w = a + b * \log(RLA) \quad a = 4.49, b = 1.49 \quad (1)$$



شکل ۶. راندگی پنهان چسکین. همبستگی لرزه‌زمین‌ساختی بین راندگی پنهان چسکین و گسل فشاری ایپک، خط اثر گسل‌ها صرفاً از روی شواهد موجود روی تصاویر ماهواره ای گمانه‌زنی شده است.



برای تعیین نرخ بالا آمدگی روی راندگی های پنهان، کافی است تا ارتفاع رسوبات چین خورده بر اثر چین گسل هایی را بر سن آنها تقسیم کنیم. در این صورت خارج قسمت این تقسیم، حداقل نرخ بالا آمدگی را به دست می دهد که میزانی از فعالیت گسل است (رابطه ۲).

$$(2) \quad \text{ارتفاع چین} = \frac{\text{نرخ بالا آمدگی}}{\text{سن رسوبات چین خورده}}$$

در صورت تعیین نرخ بالا آمدگی، با استفاده از روابط مثلثاتی ساده می توان نرخ همگرایی و نیز نرخ لغزش را به دست آورد.

رابطه (۲) گرچه ساده می نماید، اما به دست آوردن جمله مربوط به سن رسوبات کار آسانی نیست و بسته به شیوه سن یابی، نیازمندی مراحل مفصل و پیچیده سخت افزاری و نرم افزاری و کاربرد مبانی فیزیک است. تاکنون روش های گوناگونی برای تعیین سن مواد آلی و غیر آلی بسط و توسعه یافته است که از آن جمله می توان به رادیو کربن، سری های اورانیومی، و لومینسانس اشاره کرد. در میان این روش ها، شیوه های گوناگون لومینسانس، به ویژه لومینسانس برانگیخته شده نوری (OSL, Optically Stimulated Luminescence) از کاربرد روز افزون و کارایی بهتری، به ویژه در تعیین سن رسوبات شکل گرفته در اواخر دوره کواترنری برخوردار است. بنابراین، ما نیز از این شیوه برای تعیین سن نمونه برداشتی خود بهره گرفتیم.

در رابطه فوق RLA طول گسیختگی زیرسطحی بر حسب کیلومتر است. چنانچه طول چین خوردگی های ناشی از لغزش روی راندگی پنهان چسکین در سطح زمین را که تقریباً ۱۲ کیلومتر است مساوی با طول گسیختگی زیرسطحی (Subsurface rupture length) فرض کنیم، در آن صورت بر طبق رابطه ولز و کوپر اسمیت، این گسل احتمالاً توانایی تولید زمین لرزه هایی به بزرگی تقریبی ۶ را خواهد داشت.

### ۳-۴ سابقه لرزه خیزی راندگی پنهان چسکین

در میان زمین لرزه های تاریخی و دستگاهی که تا کنون در گستره قزوین به ثبت رسیده اند، چندین رویداد وجود دارد که می توان رخداد آنها را به راندگی پنهان چسکین نسبت داد. با توجه به عدم قطعیت موجود در مکان و بزرگی زمین لرزه های تاریخی، هر زمین لرزه ای که به گسل های ایپک یا اشتها رد نسبت داده شده را می توان به راندگی پنهان چسکین نیز نسبت داد (جدول ۱). از زمین لرزه های دستگاهی نیز، می توان زمین لرزه ۱۵ مه ۱۹۶۴ به بزرگی  $m_b = 4.5$  را به این گسل نسبت داد. البته احتمال قوی تری نیز وجود دارد و آن اینکه این زمین لرزه، از پس لرزه های زمین لرزه ۱۹۶۲ بویین زهرا باشد.

### ۳-۵ میزان فعالیت راندگی پنهان چسکین

نرخ بالا آمدگی (Uplift rate)، نرخ همگرایی (Convergence rate) و نرخ لغزش (Slip rate) روی یک گسل معیارهایی برای تعیین میزان فعالیت آن هستند.

جدول ۱. زمین لرزه های تاریخی که ممکن است در اثر جنبش روی راندگی پنهان چسکین روی داده باشند.

Date			Magnitude (Ms)	Lat. (N°)	Long. (E°)
Year	Month	Day			
Late 3rd Millenn.			6.5<	35.6	49.9
1119	12	10	6.5	35.7	49.9
1876	10	20	5.7	35.8	49.8

### ۳-۵-۱ تعیین سن نمونه CF01 از بالاآمدگی‌های چسکین

برای تعیین نرخ بالاآمدگی روی راندگی پنهان چسکین، یک نمونه از فراز یکی از چین‌ها برداشت و به روش لومینسانس برانگیخته شده نوری (OSL) مورد سن‌یابی قرار گرفت. ما این نمونه را از مختصات جغرافیایی  $11^{\circ}$   $35^{\circ}$  عرض شمالی،  $14^{\circ}$   $50^{\circ}$   $49^{\circ}$  طول شرقی، ارتفاع

۱۴۱۷ متر از سطح آزاد دریاها، بر فراز یکی از تپه‌ها در شرق روستای چسکین برداشت کردیم (شکل ۷).

برداشت این نمونه در روز صورت گرفت، و ما آن را با استفاده از یک لوله فلزی به طول تقریبی ۳۰ سانتی‌متر و قطر ۵ سانتی‌متر از عمق ۶۰ سانتی‌متری سطح زمین برداشت کردیم (شکل ۸).



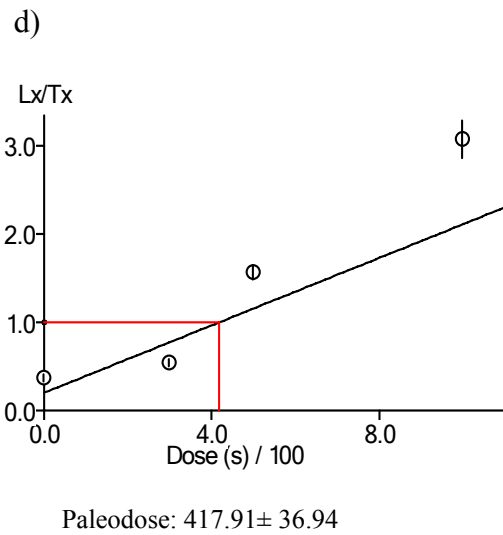
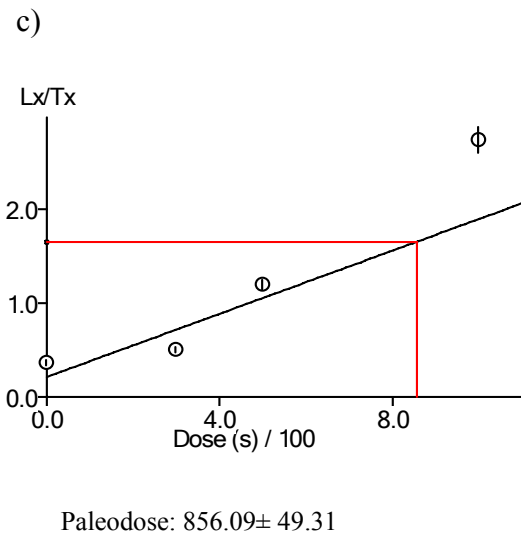
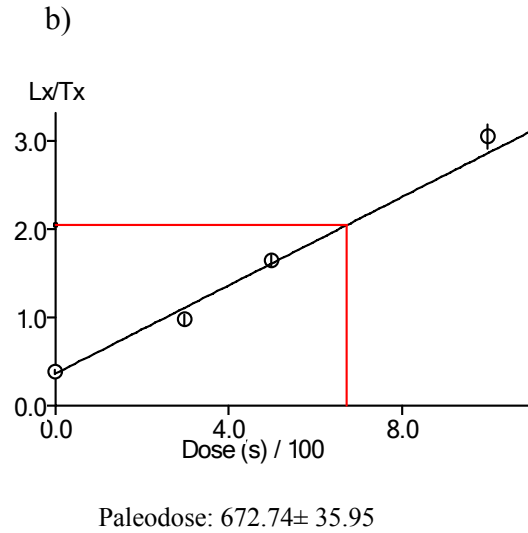
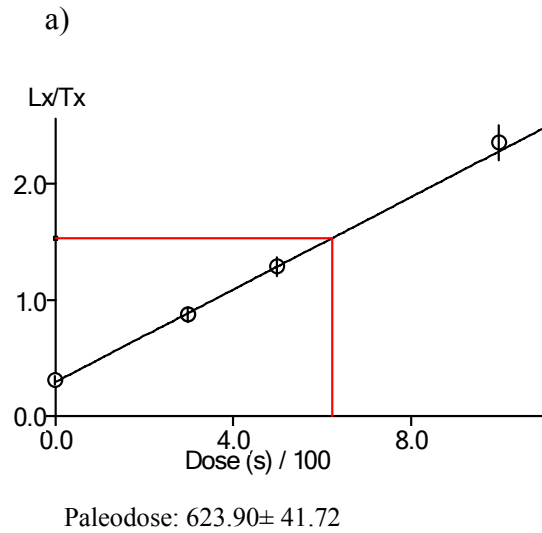
شکل ۷. محل برداشت نمونه CF01 برای سن‌یابی به شیوه لومینسانس برانگیخته شده نوری.



شکل ۸. چگونگی برداشت نمونه CF01. سرسبزی در افق روستای چسکین است (نگاه به غرب).

منحنی‌های رشد مربوط به چندین الیکوت (زیر نمونه) در شکل (۹) آمده است. با توجه به این، دُز معادل ناشی از الیکوت‌های گوناگون نیز با یکدیگر متفاوت است، که این نشان دهنده ماهیت آماری فرآیند سن‌یابی است.

پس از انتقال نمونه به آزمایشگاه، و طی مراحل که به آن اشاره شد، دانه‌های کوارتز خالص از نمونه جدا و در مجموع ۱۹ الیکوت (زیر نمونه) تهیه شد. ما برای تعیین دُز معادل از شیوه بازتولید استفاده کردیم. تحلیل نمونه‌ها با استفاده از نرم‌افزار آنالیز (Analyst) صورت گرفت.

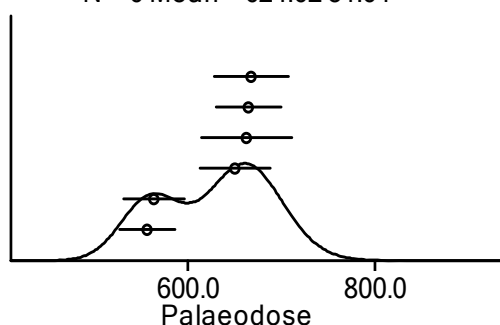


شکل ۹. منحنی‌های رشد. a و b) برازش خوب خطی در نمودارها، نشان‌دهنده خوشرفتاری الیکوت‌های مربوط به آنها است. همچنین، میزان دُز معادل یا همان paleodose با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها به یکدیگر نزدیک است. c) منحنی رشد مربوط به الیکوتی است که برازش خطی مناسبی ندارد و میزان دُز معادل از a و b بالاتر است. d) منحنی رشد مربوط به الیکوتی است که برازش خطی خوبی ندارد و میزان دُز معادل آن از a و b کمتر است.

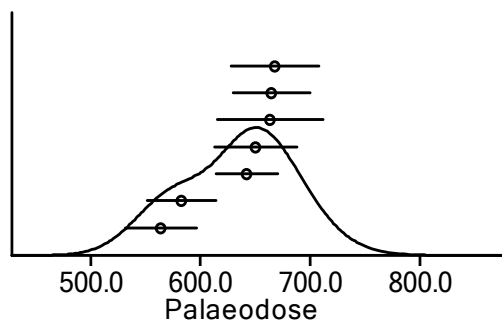
چه نمودار توزیع دُز معادل به نمودار نرمال (زنگوله ای شکل) نزدیک تر باشد، می توان از دقت نتیجه به دست آمده اطمینان بیشتری داشت. در شکل (۱۰) چندین نمودار توزیع نرمال و دُز معادل متناظر با هریک از آنها به نمایش در آمده است.

بدین ترتیب، می توان با در نظر گرفتن عوامل گوناگون چون تکرار آزمایش برای یک دُز تولید مجدد و بررسی میزان تطبیق نتایج حاصل از دو آزمایش، از دُز معادل به دست آمده از برخی الیکوت ها چشم پوشی کرد. بنابراین بسته به این که ما از کدام الیکوت ها صرف نظر می کنیم، نتیجه پایانی می تواند متفاوت باشد. به هر حال، هر

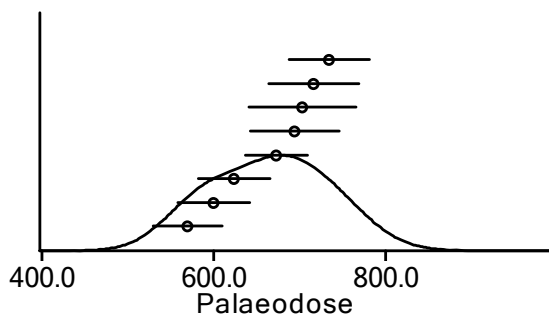
Rel. Prob. N = 6 Mean = 624.6 ± 51.64



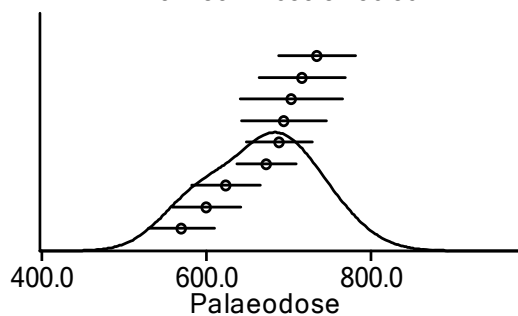
Rel. Prob. N = 7 Mean = 627.9 ± 42.91



Rel. Prob. N = 8 Mean = 654.7 ± 59.79



Rel. Prob. N = 9 Mean = 659.3 ± 56.56



شکل ۱۰. منحنی های توزیع نرمال. با حذف یا در نظر گرفتن الیکوت های متفاوت، منحنی های توزیع نرمال و در نتیجه دُز معادل متناظر با آنها تغییر می کند.

در نهایت نتایج برای نمونه CF01 به قرار زیر است:

جدول ۲. نتایج حاصل از سن یابی نمونه CF01.

Sample	D <sub>e</sub> (Gy)	Error (±)	Dose rate (Gy/ka)	Error (±)	Age (ka)	Error(±)
CF01	41.83	10.63	3.28	0.16	12.74	3.15

در این رابطه  $\bar{u}$  میزان لغزش میانگین روی گسل، و  $L$  طول گسل است. با در نظر گرفتن طول حداقل ۱۲ کیلومتر برای راندگی پنهان چسکین که از شواهد زمین‌ریخت‌شناسی قابل استنباط است، و جایگزین کردن آن در رابطه فوق، میزان لغزش میانگین این گسل در یک رخداد زمین‌لرزه را  $0.6$  متر نشان می‌دهد. شایان ذکر است که به طور طبیعی، تنها بخش کوچکی از این میزان جابه‌جایی در سطح نمود پیدا می‌کند، و بخش بزرگ‌تر آن به صورت چین‌خوردگی در سطح ظاهر می‌شود.

### ۳-۷ دوره بازگشت زمین‌لرزه‌ها روی راندگی پنهان چسکین

چنانچه میزان لغزش میانگین ( $0.6$  متر) را بر نرخ لغزش تقسیم کنیم، دوره بازگشتی که برای زمین‌لرزه‌ها روی راندگی پنهان چسکین به دست می‌آید،  $214-125$  سال خواهد بود.

### ۳-۸ اثر احتمالی راندگی پنهان چسکین بر هزاره گمشده

ما برای تعیین بیشینه شتاب جنبش زمین ناشی از رخداد زمین‌لرزه روی راندگی پنهان چسکین در محل تپه باستانی قبرستان، از رابطه کاهندگی داناوان (۱۹۷۳) استفاده کردیم (رابطه ۴).

$$a_g = 1.1 e^{0.5 M} (R+25)^{-1.32} \quad (4)$$

### ۳-۵-۲ نرخ بالا آمدگی، نرخ همگرایی و نرخ لغزش روی راندگی پنهان چسکین

طبق جدول (۲)، سن نمونه CF01،  $12.74 \pm 3.15$  ka، سن نمونه CF01، با تقسیم ارتفاع تپه‌ای که این نمونه از قله آن برداشت شده بر این سن، می‌توان حداقل نرخ بالا آمدگی (Minimum uplift rate) روی راندگی پنهان چسکین را از رابطه زیر محاسبه کرد.

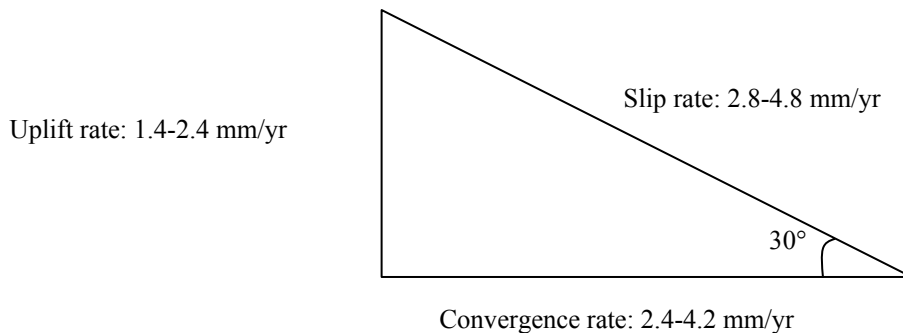
$$\frac{23 \text{ m}}{12.74 \pm 3.15 \text{ ka}} \sim 1.9 \pm 0.5 \text{ mm/yr}$$

حال چنانچه شیب حداکثر  $30^\circ$  را برای این گسل در نظر بگیریم، با استفاده از روابط ساده مثلثاتی، نرخ همگرایی روی آن  $4/2-2/4$  mm/yr و نرخ لغزش روی آن  $4/8-2/8$  mm/yr خواهد بود (شکل ۱۱). بدیهی است، در صورتی که شیب کمتر باشد، نرخ لغزش بالا بیشتر خواهد بود.

### ۳-۶ جابه‌جایی میانگین روی راندگی پنهان چسکین در هر رویداد

با فرض اینکه تمام طول راندگی پنهان چسکین در یک رویداد گسیخته می‌شود، می‌توانیم از رابطه زیر که برای زمین‌لرزه‌های درون‌صفحه‌ای (intraplate) استخراج شده، استفاده کنیم (شولز، ۱۹۸۲).

$$\bar{u}/L \sim 5 * 10^{-5} \quad (3)$$



شکل ۱۱. رابطه مثلثاتی میان نرخ‌های بالا آمدگی، همگرایی، و لغزش روی راندگی پنهان چسکین با فرض شیب  $30^\circ$  برای آن.

بافت سنتی آنها در برابر جنبش‌های زمین‌لرزه‌ای روی راندگی پنهان چسکین کاملاً آسیب پذیر است.

#### منابع

بربریان، م.، قریشی، م.، ارژنگک روش، ب.، مهاجر اشجعی، ا.، ۱۳۷۱. پژوهش و بررسی نوزمین‌ساخت، لرزه‌زمین‌ساخت و خطر زمین‌لرزه- گسلش در گستره قزوین بزرگ و پیرامون، گزارش شماره ۶۱ سازمان زمین‌شناسی.

فاضلی نشلی، ح.، ۱۳۸۵. باستان‌شناسی دشت قزوین از هزاره ششم تا هزاره اول قبل از میلاد. انتشارات دانشگاه تهران. شماره ۲۸۰۱.

- Ambraseys, N. N., 1963, The Buyin-Zara (Iran) earthquake of September, 1962: A field report. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **53**, 705-740.
- Berberian, M., Jackson, J. A., Qorashi, M., Talebian, M., Khatib, M. and Priestley, K., 2000, The 1994 Sefidabeh earthquakes in eastern Iran: blind thrusting and bedding plane slip on a growing anticline, and active tectonics of the Sistan suture zone. *Geophys. J. Int.*, **142**, 283-299.
- Bullard, T. F. and Lettis, W. R., 1993, Quaternary fold deformation associated with blind thrust faulting, Los Angeles basin, California. *J. geophys. Res.*, **98**, 8349-8369.
- Donovan, N. C., 1973, A statistical evaluation of strong motion data including the February 9, 1971 San Fernando earthquake. *Proceedings of Fifth World Conference on Earthquake Engineering*, **1**, 1252-1261.
- Fattahi, M., 2003, Recent developments in Luminescence dating. *Iranian Int. J. Sci.* **4**(1), 57-72
- Fattahi, M., Walker, R., Hollingsworth, James., Bahroudi, A., Nazari, H., 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*, **673-684**.
- Hauksson, E. and Jones, L. M., 1989, The 1987 Whittier Narrows earthquake sequence in Los Angeles, southern California: Seismological and tectonic analysis. *J. geophys. Res.*, **94**, 9569-9589.

در رابطه فوق،  $M$  بزرگی زمین‌لرزه، و  $R$  فاصله ساختگاه تا چشمه لرزه ای است. این رابطه شتاب جنبش زمین را بر حسب  $g$  شتاب گرانش زمین محاسبه می‌کند. با در نظر گرفتن بزرگی ۶ که از رابطه ولز و کوپراسمیت (۱۹۹۴) به دست آمد (بخش ۳.۳) و جایگزینی فاصله ۱۲ کیلومتری میان راندگی پنهان چسکین تا تپه باستانی قبرستان درحکم ساختگاه مورد بررسی ما، مطابق رابطه (۴)، رخداد زمین‌لرزه روی این گسل با تولید شتاب جنبش زمین معادل  $0.2g$  شتاب گرانش زمین  $g$  در محل تپه "قبرستان" همراه است. بدیهی است که بناهای ابتدایی "قبرستان" در برابر چنین شتابی کاملاً آسیب پذیر بوده‌اند. بنابراین، واضح است که اگر یک زمین‌لرزه باعث ترک سکونت در "قبرستان" شده باشد، راندگی پنهان چسکین، می‌توانسته عامل رویداد آن بوده باشد.

#### ۴ نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که راندگی پنهان چسکین توانایی ایجاد زمین‌لرزه‌هایی به بزرگی ۶ را دارد، و می‌تواند بیشینه شتابی معادل  $0.2g$  در محل تپه باستانی قبرستان ایجاد کند. این سطح از جنبش نیرومند زمین برای ویران کردن بناهای ابتدایی و آسیب‌پذیر آن دوران تپه قبرستان، کاملاً کافی بوده است. بنابراین در صورت اثبات رخداد زمین‌لرزه به‌منزله عامل ترک سکونت در تپه قبرستان، این گسل می‌توانسته مسئول رویداد آن بوده باشد. همچنین، نرخ لغزش به دست آمده حکایت از فعالیت بزرگ گسل چسکین دارد. با توجه به زمین‌لرزه‌هایی که تا کنون روی راندگی‌های پنهان روی داده، باید از بخت شناسایی این گسل پیش از رویداد زمین‌لرزه ای ویرانگر بر روی آن بهره برد و خطر لرزه‌ای ناشی از آن را در برآوردهای خطر گستره قزوین در نظر گرفت. روستاهای فراوانی در دشت قزوین پراکنده‌اند که

- Hauksson, E., Jones, L. M. and Hutton, K. 1995, The 1994 Northridge earthquake sequence in California: Seismological and tectonic aspects. *J. geophys. Res.*, **100**, 12335-12355.
- Lettis, W. R., Wells., D. L. and Baldwin, J. N., 1997, Empirical observations regarding reverse earthquakes, blind thrust faults, and Quaternary deformation: are blind thrusts truly blind?. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **87**, 1171-1198.
- Parsons, B., Wright, T., Rowe, P., Andrews, J., Jackson, J., Walker, R., Khatib, M., Talebian, M., Bergman, E. and Engdahl, E. R., 2006, The 1994 Sefidabeh (eastern Iran) earthquakes revisited: new evidence from satellite radar interferometry and carbonate dating about the growth of an active fold above a blind thrust fault. *Geophys. J. Int.*, **164**, 202-217.
- Schmidt, A., Horsley, T. and Fazeli, H., 2005, Tepe Ghabristan: A Chalcolithic Tell Buried in Alluvium. 6th International Conference on Archaeological Prospection, Rome.
- Scholz, C., 1982, Scaling laws for large earthquakes: consequences for physical models. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **72**, 1-14.
- Tala'i, H., 1983, Late Bronze age and Iron age I architecture in Sagzabad, Qazvin Plain. *Iranica Antiqua*, **18**, 7-51.
- Vernant, Ph., Nilfroushan, F., Hatzfeld, D., Abbassi, M. R., Vigny, C., Masson, F., Nanakali, H., Martinod, J., Ashtiani, A., Bayer, R., Tavakoli, F. and Chery, J., 2004, Contemporary crustal deformation and plate kinematics in Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman. *Geophys. J. Int.* **157**, 381-398.
- Walker, R., Jackson, J. and Baker, C., 2003, Surface expression of thrust faulting in eastern Iran: source parameters and surface deformation of the 1978 Tabas and 1968 Ferdows earthquake sequences *Geophys. J. Int.*, **152**, 749-765.
- Walker, R., Bergman, E., Jackson, J., Ghorashi, M. and Talebian, M., 2005, The 2002 June 22 Changureh (Avaj) earthquake in Qazvin province, northwest Iran: epicentral relocation, source parameters, surface deformation and geomorphology. *Geophys. J. Int.*, **160**, 707-720.
- Wells, D. L. and Coppersmith, K. J., 1994, New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement, *Bulletin of the Seismological Society of America*, **84**, 974-1002.