مجلهٔ مطالعات باستان شناسی، دورهٔ ۴، شمارهٔ ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۱، شمارهٔ پیاپی ۵
مجلهٔ سابق دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران

جستجوی زمین‌لرزه‌های تاریخی در تپه باستانی سیلک، با استفاده از باستان‌شناسی لرزه‌ای

مسعود مجرب
دانشجوی دوره دکتری دانشکده مهندسی معدن دانشگاه تهران
دکتر حسین معماریان
استاد دانشکده مهندسی معدن دانشگاه تهران
دکتر مهدی زارع
دانشیار پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله
(از ص ۲۰۳ تا ۲۲۰)
تاریخ دریافت: ۹۰/۰۲/۲۱
تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۲/۰۱

چکیده

زمین‌لرزه‌های تاریخی، از اهمیت ویژه‌ای در زلزله شناسی مهندسی برخوردارند و همواره مورد توجه بوده‌اند. زمین‌لرزه‌های مخرب قدیمی، سکونت‌گاه‌های باستانی مهمی را از بین برده‌اند. توجه به این امر ضرورت انجام بررسی‌هایی از این دست در کشور را ضروری می‌سازد. به این منظور، منطقه باستانی کاشان- سیلک، در ۳ کیلومتری جنوب کاشان، به لحاظ رخداد زمین‌لرزه‌های تاریخی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس مطالعات باستان‌شناسی و شواهدی که در بازدید میدانی از محل به‌دست آمد، چندین زلزله مخرب که قبل از میلاد مسیح رخ داده بودند شناسایی شد. در این بررسی، برای برخی از رویدادها اطلاعات کاملی، همچون زمان ترک سکونت‌گاه به‌علت یک حادثه طبیعی، فروریختن دیوارها و سقف، حالت غیر متعارف اسکلت‌ها، ترک و شکستگی روی استخوان‌ها و ترک و شکاف در زمین به دست آمد. مطالعه آثار خرابی و شواهد باستان‌شناسی لرزه‌ای نشان داد که زلزله‌ای در ۵۵۰۰ سال پیش، با بزرگای ۷، تپه سیلک را به کلی ویران کرده است. در این بررسی، گسل کاشان به‌عنوان یک گسل فعال و مسبب معرفی شد. همچنین، برای رویدادهایی که شواهدی برای تخمین شدت آن‌ها دردسترس نبود، از فاصله تأثیر از چشمه یا به بیان ن.امبرسیز، شعاع کلان‌لرزه‌ای، جهت نسبت دادن شدت استفاده شد. با رگرسیون‌گیری روی کاتالوگ زلزله‌های تاریخی امبرسیز، رابطه تجربی بزرگای شعاع کلان‌لرزه‌ای ۳۵۰۰ ب به دست آمد. بدین ترتیب با استفاده از این رابطه، یک حداقل بزرگا به‌رویدادهای لرزه‌ای تاریخی نسبت داده شد. در انتها، کاتالوگ لرزه‌خیزی برای منطقه باستانی سیلک و محدوده اطراف آن تدوین و ارایه شد.

واژه‌های کلیدی: سیلک، کاشان، باستان‌شناسی لرزه‌ای، زلزله‌های تاریخی، مقیاس شدت، گسل فعال.

نشانی پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mmojarab@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

از مباحث روز در بحث زلزله شناسی مهندسی، می‌توان به بررسی توان لرزه‌زایی، مطالعه زلزله‌های بزرگ و همچنین، تعیین دوره بازگشت زمین‌لرزه‌ها در یک منطقه اشاره کرد. بنابراین تکمیل کاتالوگ زلزله‌ها، به‌خصوص زلزله‌های تاریخی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کاتالوگ لرزه‌خیزی ایران را می‌توان به سه بخش قبل از تاریخ، تاریخی و دستگاهی تقسیم کرد. داده‌های دستگاهی، تقریباً بعد از زلزله ۱۹۶۲ بوئین‌زهرا قابل اعتمادند. همچنین، برای مطالعه زمین‌لرزه‌های تاریخی و قبل تاریخی نیز می‌توان از منابعی چون امبرسیز (۱۹۸۲) و بربریان (۱۹۹۵) استفاده کرد. هدف اصلی در این مطالعه، دست‌یابی به این پرسش است که آیا محوطه باستانی سیلک، واقع در جنوب شهر کاشان، در اثر یک یا چند زمین‌لرزه تاریخی تخریب شده است؟ همچنین، بزرگا و زمان رویداد آن چه بوده است؟ با به‌کارگیری باستان‌شناسی و تلفیق آن با زلزله‌شناسی مهندسی، آیا امکان دست پیدا کردن به این اهداف وجود دارد؟ به هر ترتیب، امروزه محققان توانسته‌اند با تلفیق این دو علم، به نتایج قابل اعتمادی دست یابند. مجموع علم باستان‌شناسی و زلزله شناسی را باستان‌شناسی لرزه‌ای می‌نامند (امبرسیز، ۲۰۰۵).

پژوهشی که نتایج آن در این بررسی عرضه می‌شود، دو زمینه زلزله‌شناسی و باستان‌شناسی دارد. در بخش زلزله‌شناسی، ابتدا توان لرزه‌زایی منطقه سیلک و گسل کاشان، که خود قسمتی از سیستم گسلی قم زفره است، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. همچنین، جهت برآورد بزرگای گسل کاشان از روابط تجربی زارع (۱۹۹۵)، نوروزی (۱۹۸۵)، مهاجر اشجعی و نوروزی (۱۹۷۸)، امبرسیز (۱۹۷۶) و ولز و کوپر اسمیت (۱۹۹۴) استفاده شده است. در قسمت باستان‌شناسی، با مطالعه رویدادهای به وقوع پیوسته در محوطه باستانی سیلک، وقوع یک زمین لرزه تاریخی بررسی شده و با استفاده از جداول مقیاس شدت MCS-1930، MM-1931، MSK-1964 و INQUA-2003، به آن شدتی متناسب نسبت داده شده و با روابط تجربی شدت – بزرگی، بزرگی آن محاسبه شده است.

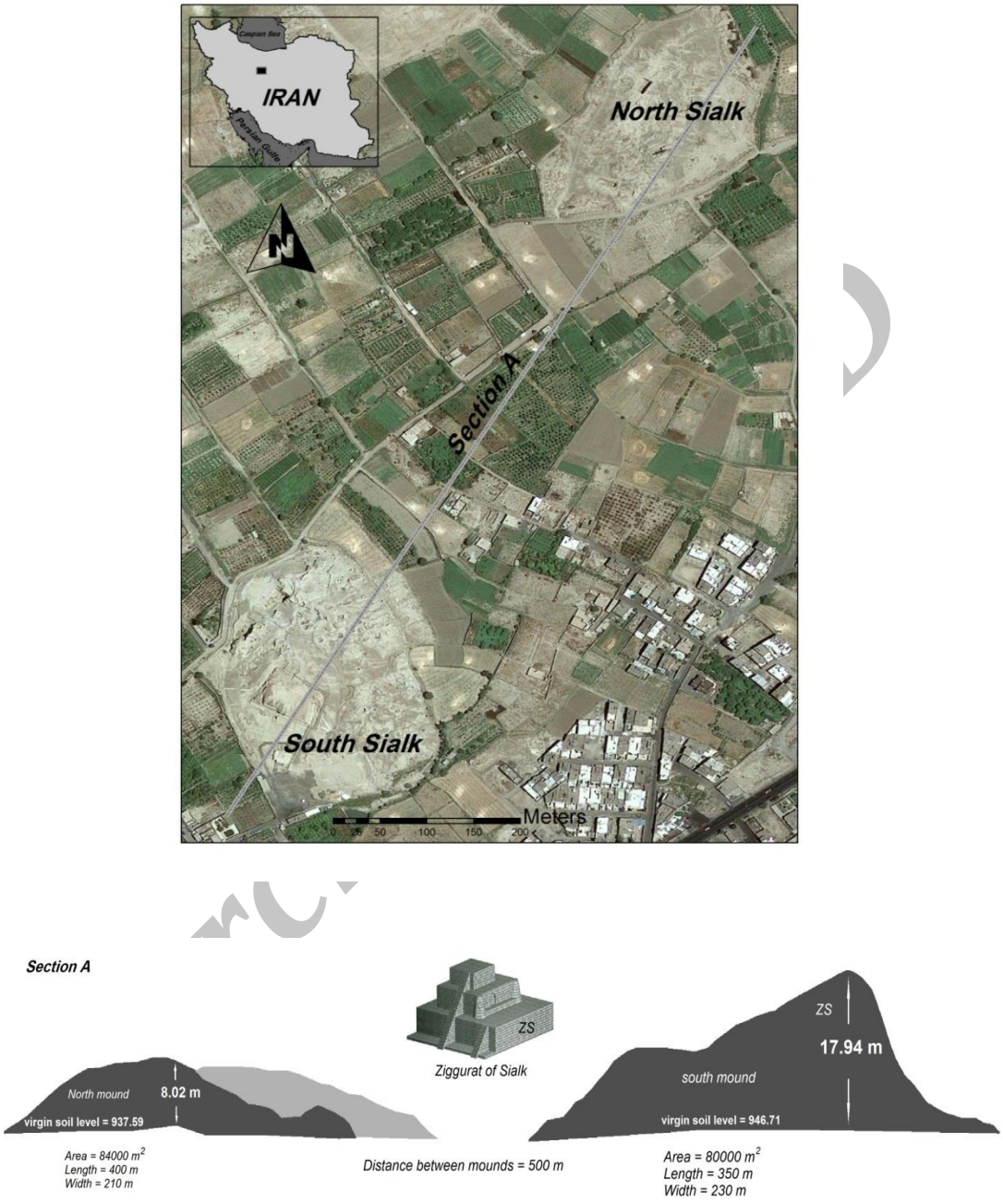
۱. تپه باستانی سیلک

محوطه پیش از تاریخ سیلک که با شماره ۳۸، ثبت آثار تاریخی و ملی شده، در ۴ کیلومتری جنوب میدان امام حسین (فین سابق) کاشان قرار گرفته است. این محوطه تاریخی، از ۲ تپه و ۲ گورستان تشکیل شده است. محوطه تاریخی سیلک، در دامنه شمالی کوهستان کرکس و بالای مخروط افکنه‌ای قرار دارد که دشت کاشان قسمت‌های شمالی آن را تشکیل می‌دهد. ارتفاع محوطه از سطح دریا، ۹۵۰ متر و وسعت آن، حدود ۴۸۰۰۰۰ متر مربع است. طول شمالی – جنوبی این محوطه تاریخی، ۹۵۰ متر و عرض شرقی – غربی آن، ۵۲۰ متر است. ۸/۴ هکتار از محوطه، توسط برجستگی اصلی تپه شمالی و ۸ هکتار نیز به وسیله برجستگی اصلی تپه جنوبی اشغال شده است. در حال حاضر فاصله بلندترین نقطه تپه جنوبی، واقع در بالاترین نقطه زیگورات سیلک، ۹۶۷/۹۴ متر و بلندترین نقطه تپه شمالی، واقع در رأس برجک ۹۵۲/۰۲ متر، حدود ۵۰۰

Archive of SID

www.SID.ir

متر است. سطح خاک بکر در تپه جنوبی، ۹۴۶/۷۱ متر و در تپه شمالی، ۹۳۷/۵۹ متر بالاتر از سطح دریا است (شکل ۱؛ شهمیرزادی، ۲۰۰۶).



شکل (۱) : تصویر ماهواره‌ای کویک‌برد منطقه سیلک کاشان (الف)، به همراه مقطع شمال-شرقی، جنوب-غربی تپه‌های باستانی (ب)

حدود ۷۰ سال پیش، ر.گیرشمن موفق شد ۶ دوره فرهنگی متمایز را در محوطه سیلک شناسایی و معرفی نماید:

www.SID.ir

- دوره‌های اول و دوم (Sialk I, Sialk II)، آثار و بقایای متعلق به آغاز استقرار در روستا و تولید غذا؛
- دوره‌های سوم و چهارم (Sialk III, Sialk IV)، بقایایی از دوره‌های آغاز شهرنشینی و آغاز نگارش؛
- دوره پنجم عصر آهن (Sialk V)، بقایای گورستان الف؛
- دوره ششم ادامه عصر آهن (Sialk VI)، بقایای گورستان ب.

۲. لرزه‌خیزی منطقه سیلک – کاشان

بررسی تاریخ لرزه‌خیزی کاشان – سیلک، نشان از یک منطقه تقریباً آرام لرزه‌ای دارد. هرچند زلزله‌های ویرانگری در طول تمدن‌های این منطقه به‌وقوع پیوسته است؛ ولی عموماً می‌توان آن‌ها را جزء زلزله‌های متوسط طبقه‌بندی کرد. شهر کاشان به‌گفته امبرسیز (۱۹۸۲)، در دوره فرمانروایی خلفا، یعنی از ۶۲۲ تا ۱۲۵۸ میلادی، ۲ تا ۵ زلزله مهم را تجربه کرده است. متأسفانه هیچ‌گونه اطلاعات و یا مدرک تاریخی محکمی جهت برآورد شدت آن‌ها در دسترس نیست. همچنین، منطقه کاشان در دوره مغولان و ترکمانان (۱۲۵۸ – ۱۵۹۸)، یک دوره بدون زلزله را تجربه کرده است. بعد از این نبود لرزه‌ای در سده ۱۷ و ۱۸، چندین زمین‌لرزه ویرانگر، که مدارک و شواهد زیادی از آن‌ها در دسترس است، رخ داده‌اند. در ادامه، به مرور این رخدادها خواهیم پرداخت.

- **زلزله ۷ ژوئن ۱۷۵۵ میلادی، کاشان:** بنا بر نوشته امبرسیز (۱۹۸۲)، زمین‌لرزه ویرانگری در کاشان، ۶۰۰ خانه را ویران کرد و بیش از ۱۲۰۰ تن در آن کشته شدند و اگر مردم جهت برداشت محصول بیرون از خانه نبودند، شمار کشته شدگان بیشتر هم می‌شده است. در این زلزله، به‌کاروان‌سرای شهر آسیب اساسی رسید و سیستم آبیاری ویران شد. در مجموع، ۳۰۰۰ خانه ویران شد.
- **زلزله ۱۵ دسامبر ۱۷۷۸ میلادی، کاشان:** در سپیده دم سه شنبه، زمین‌لرزه ویرانگری، پیرامون کویر رخ داد. این زمین‌لرزه در عراق، منطقه ری، قم و اصفهان نیز حس شد. ویرانی این زلزله، در منطقه کاشان متمرکز بود و در آن بیش از ۸۰۰۰ تن کشته شدند. در کاشان، تقریباً همه خانه‌ها به طور کامل ویران شد. اگر کریم خان زند، بی‌درنگ فرمان بازسازی نمی‌داد، بازماندگان به‌جای دیگری نقل مکان می‌کردند (امبرسیز، ۱۹۸۲).

Archive of SID

www.SID.ir

در منطقه کاشان و حتی در نزدیکی سیلک، زلزله‌های دیگری نیز توسط بربریان گـزارش شـده اسـت که در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱- زمین‌لرزه‌های تاریخی منطقه کاشان – سیلک

مرجع	گسل	محل	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	شعاع خرابی	شدت بربریان	شدت امبرسیز	بزرگا	روز	ماه	سال
بربریان	کاشان	سیلک	۳۳.۹۵	۵۱.۴۲							قبل از دوره سیلک ۴
بربریان	کاشان		۳۴	۵۱.۵				۵.۵+		۸	۱۵۷۴
بربریان - امبرسیز	کاشان	کاشان	۳۴	۵۱.۴		VII+	۲+	۵.۹	۷	۶	۱۷۵۵
بربریان - امبرسیز	کاشان	کاشان	۳۴	۵۱.۳	۱۴	VIII	۲	۶.۲	۱۵	۱۲	۱۷۷۸
بربریان - امبرسیز	کاشان	کاشان	۳۳.۶	۵۱.۴			۲	۶.۴	۱۲	۵	۱۸۴۴
بربریان	کاشان	ساروق	۳۴.۱۸	۵۱.۲۲	۵	VII+		۵.۳+	۷	۲	۱۸۹۰
بربریان	کاشان	ساروق	۳۴.۱۸	۵۱.۲۳	۵	VII		۵.۳			۱۸۹۵

منطقه مورد مطالعه، از سطح لرزه‌خیزی پایینی برخوردار است. در محدوده گسل کاشان و در شـعاع تـأثیر این گسل، تنها ۸ مورد زمین‌لرزه، با بزرگای بالای ۴ گزارش شده است. بزرگتـرین رویـداد، متعلـق بـه ۱۸۴۴ میلادی، با بزرگای ۶.۴ (بربریان، ۱۹۹۴) است.

زمین‌ساخت جنبا، در منطقه سیلک

رشته‌کوه کرکس یا کهرود، با امتداد شمال غربی – جنوب شرقی، در جنوب غربـی کاشـان و تپـه باسـتانی سیلک واقع شده است. توده‌های ماگمایی، بدنه اصلی ایـن کـوه را تشـکیل داده‌انـد و مـی‌تـوان فعالیـت‌هـای آتشفشانی در طول این رشته کوه‌ها را نتیجه فرو رانـش پوسـته اقیانوسـی نئـوتتیس، در محـل گسـل اصـلی زاگرس، به زیر پوسته قاره‌ای ایران مرکزی و ذوب آن‌ها در ژرفای زمین دانست (بربریان و کینـگ، ۱۹۸۱). در اثـر این فرآیند، مواد مذاب درونی، از طریق شکاف‌ها و گسل‌های متعدد به‌سطح زمین راه یافته‌اند. به‌اعتقاد نبـوی، یکی از گسل‌هایی که نقش مهمی در خروج مواد مذاب درونی دارد، گسل قم – زفره است (نبوی، ۱۳۵۵).

Archive of SID

www.SID.ir

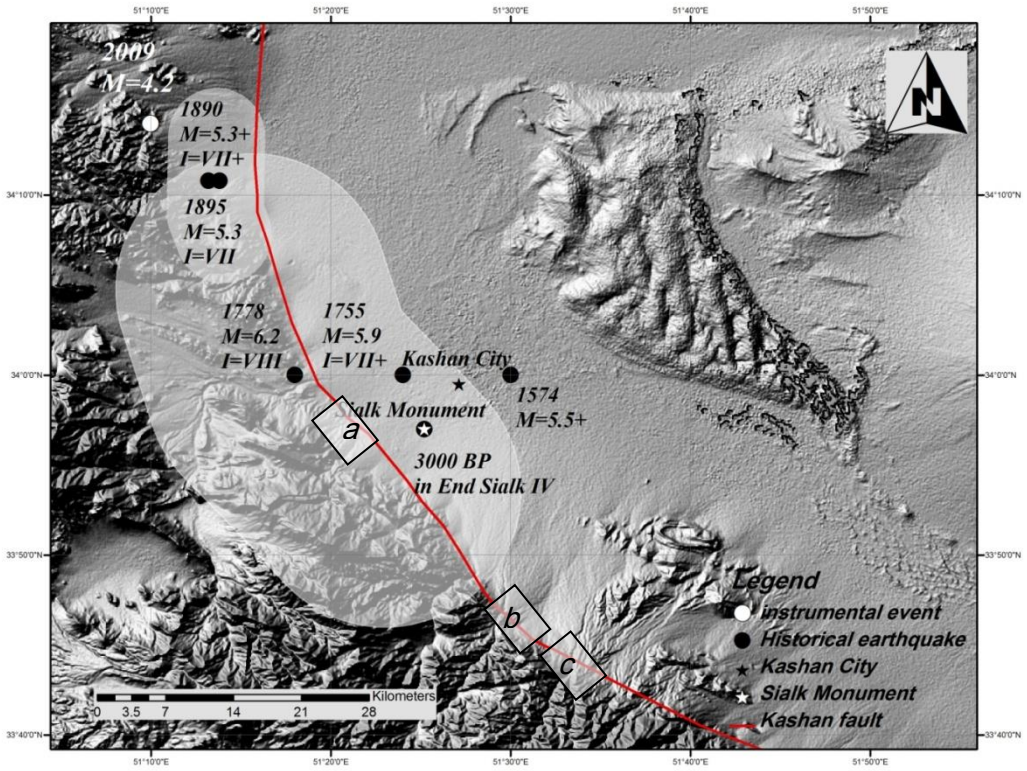
تغییر شکل زمین در منطقه

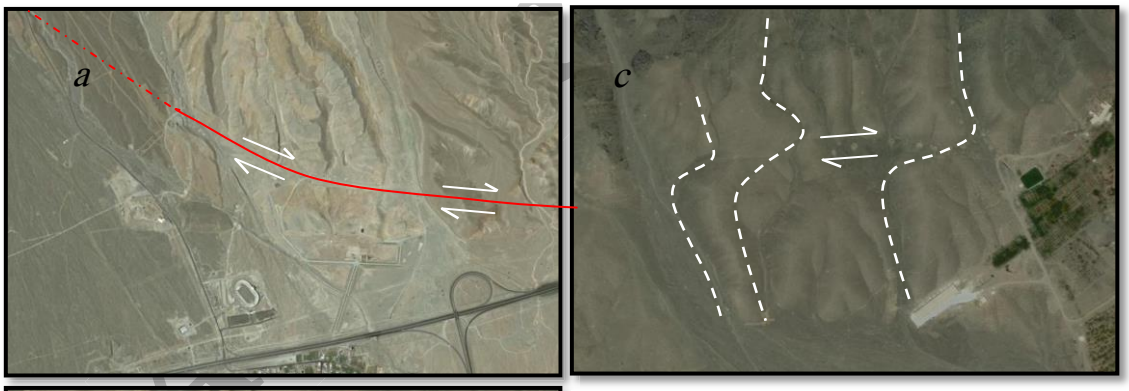
در نتیجه همگرایی بین پوسته عربی و اوراسیا، پوسته ایران درحال تغییر شکل است. بر اساس اندازه‌گیری‌های GPS، حدود ۲۵-۲۲ میلی‌متر کوتاه‌شدگی، در نتیجه این همگرایی در پهنه ایران گزارش شده است. از این مقدار، ۳ میلی‌متر در سال، در پهنه ارومیه – دختر و دامنه‌های جنوبی البرز مستهلک می‌شود (نیلفروشان و همکاران، ۲۰۰۳؛ ورنانت و همکاران، ۲۰۰۴). بررسی‌های مِیر و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد این همگرایی، در طول پهنه ارومیه – دختر، به طور عمده روی گسل‌های راستگرد و راستالغز مستهلک می‌شود. در ادامه، به سیستم‌های گسلی اشاره خواهیم کرد که در منطقه مورد مطالعه تاثیرگذار هستند.

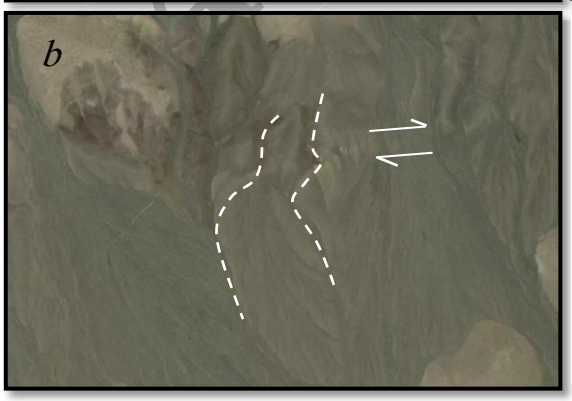
- **سیستم گسلی قم – زفره:** نبوی (۱۳۵۵)، اولین بار این پهنه گسلی را با نام قم – زفره معرفی کرد. صفایی (۲۰۱۰)، این سیستم گسلی را به سه بخش قم، کاشان و زفره تقسیم‌بندی کرد. بررسی‌های انجام شده نشانگر آن است که عوارض جوان ریخت شناختی در محدوده نطنز، متحمل جابجایی راستالغز راستگر شده است. همچنین، مؤلفه معکوس آن باعث بالاآمدگی نهشته‌های هولوسن در طول پهنه قم – زفره، نسبت به دشت کاشان شده است (جمالی و همکاران، ۱۳۸۵).
- **گسل کاشان:** مطالعه عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که گسل کاشان، با راستای شمال غربی – جنوب شرقی، باعث جابه‌جایی آبراهه‌ها و مخروط افکنه‌ها شده است. میزان جابه‌جایی راستگرد در عرض یک مخروط آبرفتی نزدیک روستای گبرآباد، حدود ۶۰۰ متر برآورد گردیده است (جمالی و حسامی، ۱۳۸۶). بربریان (۱۹۷۶)، گسل کاشان را از خاور قمصر تا شمال راوند، به عنوان گسل فین و با شیب ۸۰ درجه معرفی کرده است. طول گسل توسط جمالی و حسامی (۱۳۸۶)، ۸۵ کیلومتر و همچنین توسط صفایی (۲۰۱۰)، ۱۳۰ کیلومتر اندازه‌گیری شده است. بر اساس مطالعات جمالی و حسامی (۱۳۸۶)، دست کم میزان جا به جایی راستگرد اندازه‌گیری شده در طول جوان‌ترین افراز گسلی، به حدود ۳.۵ متر می‌رسد که احتمال می‌رود با رخداد زمین‌لرزه تاریخی ۱۷۷۸ مرتبط باشد. همچنین در جنوب غربی استادیوم شهر کاشان و در ۶ کیلومتری تپه باستانی سیلک، مخروط افکنه ای وجود دارد که قسمتی از آن در اثر عملکرد راستالغز راستگر گسل کاشان، حدود ۵۰۰ متر جا به جا شده است (شکل ۲).

Archive of SID

www.SID.ir







شکل ۲- نقشه توپوگرافی MTRS منطقه کاشان، همراه با پراکندگی زلزله‌های تاریخی، دستگاهی و گسل کاشان

شکل ۳- ساز و کار جا به جایی در گسل کاشان. a) غرب سیلک، گسل امتداد لغز راستگرد کاشان، باعث جا به جایی مخروط افکنه، به میزان ۵۰۰ متر شده است. b) نمایی از جا به جایی آبراهه‌ها توسط گسل کاشان، در شمال شرق روستای گبرآباد. c) جا به جایی آبراهه، به میزان ۶۰۰ متر در جنوب غربی روستای گبرآباد.

www.SID.ir

۳. برآورد پارامترهای لرزه‌خیزی

یکی از روش‌های مرسوم در برآورد پتانسیل لرزه‌ای گسل‌ها، استفاده از روابط تجربی است. بر این اساس، برای طول ۱۳۰ کیلومتری گسل کاشان، بزرگای ۷.۳ با میانگین‌گیری از بزرگاهای به‌دست آمده از روابط جدول ۲ محاسبه شد.

جدول ۲- روابط تجربی بزرگا – طول گسل

محقق	رابطه تجربی
امبرسیز، ۱۹۷۶	$M = 4.63 + 1.43 \text{ Log } L$
زارع، ۱۹۹۵	$M_w = 3.66 + 0.91 \text{Ln } L_f \quad L_f = 0.37 L$
نوروزی، ۱۹۸۵	$M_s = 4.99 + 1.24 \text{ Log} L$
اشجعی و نوروزی، ۱۹۷۸	$M = 5.4 + \text{ Log } L_f \qquad L_f = 0.5L$
ولز و کوپراسمیت، ۱۹۹۴	$M = 5.16 + 1.12 \text{ Log } L_f$
ولز و کوپراسمیت، ۱۹۹۴	$M_{max} = 6.81 + 0.78 \text{ Log } D_{max}$
ولز و کوپراسمیت، ۱۹۹۴	$M_{min} = 6.76 + 0.72 \text{ Log } D_{max}$

بر اساس مطالعات جمالی و حسامی (۲۰۰۷)، که یک افراز گسلی ۳.۵ متری را به زلزله ۱۷۷۸ نسبت داده‌اند و با استفاده از روابط تجربی جا به جایی – بزرگای ولز و کوپراسمیت (۱۹۹۴)، می‌توان بزرگای ۷.۲ را به زلزله ۱۷۷۸ نسبت داد. بنابراین، با توجه به سابقه لرزه‌خیزی گسل کاشان (زلزله سال ۱۸۴۴، با بزرگای ۶.۴ و زلزله ۱۷۷۸، با بزرگای ۷.۲) و توان لرزه‌زایی بالای ۷ آن، می‌توان این طور نتیجه گرفت که گسل کاشان، دارای توانمندی تولید زلزله‌های بزرگ است و این احتمال دور از انتظار نیست که در گذشته دور، منطقه سیلک توسط یک یا چند زمین‌لرزه تاریخی ویران شده است.

۴. باستان‌شناسی لرزه‌ای در منطقه سیلک

پس از بحث در رابطه با توانمندی گسل کاشان در تولید زلزله‌های بزرگ، به بررسی شواهد باستان‌شناسی که نشان‌دهنده وقوع زلزله یا زلزله‌هایی در سیلک است می‌پردازیم. بربریان و امبرسیز، از جمله محققانی هستند که در زمینه باستان‌شناسی زلزله‌ها در ایران، مطالعات با ارزشی انجام داده‌اند. بر اساس شواهد

Archive of SID

www.SID.ir

باستان‌شناسی لرزه‌ای، هرگاه در یک کاوش لرزه‌ای به شواهد زیر برخورد کنیم، احتمالاً مخاطره‌ای طبیعی اتفاق افتاده است:

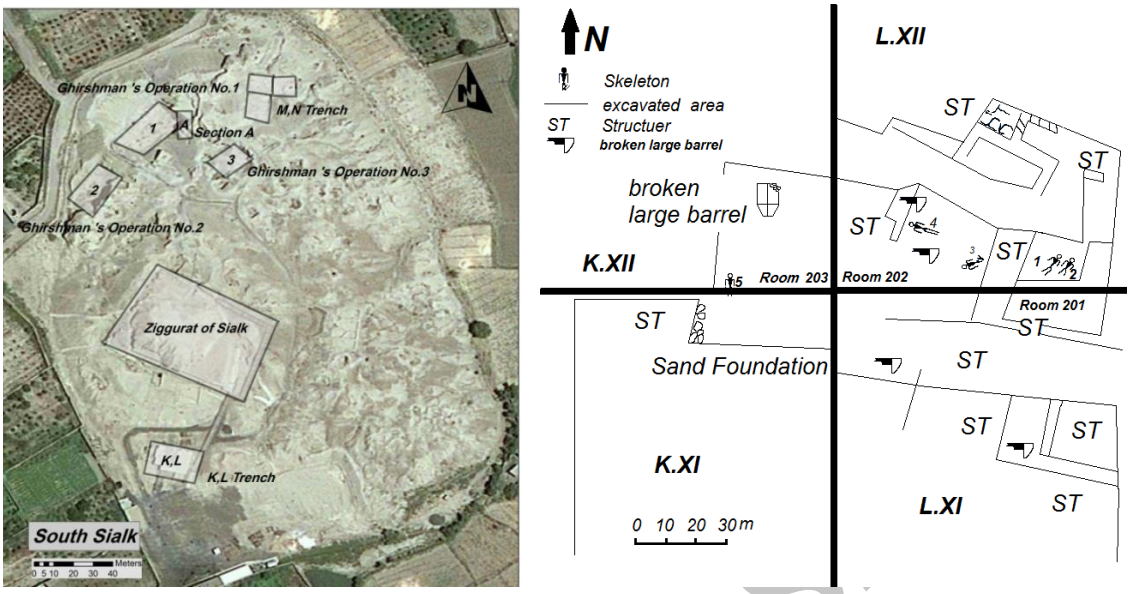
- ترک کردن یک منطقه مسکونی توسط ساکنان و متروک شدن آن؛
- فرو ریختن دیوارهای خشتی؛
- چرخش و جا به جایی ستون‌ها و دیوارها؛
- اسکلت‌هایی که با وضعیت غیرمتعارف دفن شده‌اند؛
- خرد شدن سفال‌ها و فرو افتادن خمره‌های بزرگ؛
- اثرات آتش‌سوزی وسیع؛
- ایجاد شکاف، ترک و به هم ریختگی زمین.

با توجه به‌نشانه‌های فوق و بر اساس مطالعات باستان‌شناسی انجام شده در منطقه باستانی سیلک، به بررسی رویدادهایی که مشکوک به مخاطره‌ای طبیعی است، می‌پردازیم.

هنگام بررسی *زمین‌باستان‌شناسی* در کوهپایه‌های کرکس، بالای یکی از پشته‌های طبیعی منطقه، کاوشگران محوطه‌ای متعلق به ۸۰۰۰ سال پیش را کشف کردند که به تپه شورابه معروف است. به نظر می‌رسد که نخستین ساکنان تپه شمالی، پیش از استقرار در محل جدید، در قسمت‌هایی از همین منطقه در کوهپایه کرکس ساکن بوده‌اند (شهمیرزادی، ۲۰۰۶). حدود ۸۰۰۰ سال پیش، ساکنان تپه شورابه که دقیقاً روی گسل کاشان ساکن بوده‌اند، محل زندگی خود را ترک کرده و روی تپه شمالی ساکن شده‌اند. پس این احتمال وجود دارد که مردم این منطقه، در اثر رویدادی طبیعی مجبور به ترک سکونتگاه خود شده‌اند. متأسفانه به‌دلیل نبودن اطلاعات دقیق و شواهد کافی، نمی‌توان به‌طور قطعی یک زلزله با شدت معین را به این واقعه نسبت داد. علاوه بر این، می‌توان به چندین دوره اشاره کرد که ساکنان منطقه سیلک، مجبور به‌ترک سکونتگاه خود شدند؛ به عنوان مثال ۶۱۰۰ سال پیش، ساکنان تپه شمالی، محل زندگی خود را ترک کرده و در تپه جنوبی ساکن شدند. نمی‌دانیم که آیا توقف زندگی روی تپه شمالی، ناشی از مصیبتی عظیم و زیر و رو شدن زمین است و یا ناشی از یک جنگ. طبق نظر گیرشمن (۱۹۳۷)، تغییرات شرایط آب و هوایی نمی‌تواند عامل ترک تپه شمالی و ساکن شدن در تپه جنوبی باشد (شکل ۳)؛ شاید به دلیل این که فاصله ترک تا استقرار، بیشتر از چند دهه نبوده است. همچنین، بین استقرارهای سیلک دوم و سیلک سوم، یک سری قرابت وجود دارد و این باور را به وجود می‌آورد که بعد از زلزله‌ای ویرانگر، مردم خانه‌های خود را رها کرده و در هزاره چهارم قبل از میلاد مسیح، ۶۰۰ متر پایین‌تر و در تپه جنوبی مستقر شدند (گیرشمن، ۱۹۳۷). یک لایه ضخیم خاکستر نیز روی آخرین ساخت و سازهای سیلک دوم مشاهده می‌شود. همچنین در اواخر دوره سوم سیلک و در اواخر دوره چهارم سیلک (۳۰۰۰ قبل)، یک وقفه مشاهده می‌شود. بر اساس نظر بربریان، در ۳۰۰۰ سال قبل، زلزله‌ای در این منطقه رویداده است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- سمت چپ، تصویر ماهواره‌ای کوبک‌برد، با دقت ۸۰ سانتیمتر از تپه جنوبی سیلک قابل مشاهده است. در تصویر، مکان‌های کاوش شده توسط دکتر گیرشمن و تیم جدید کاوش، به سرپرستی دکتر شهمیرزادی مشخص شده است. سمت راست، پلان محوطه کاوش شده K, L ترسیم شده است (اقتباس از طرح نهایی بازنگری سیلک، ۲۰۰۶، با اندکی تغییرات).

مهم‌ترین دستاورد پژوهش حاضر، ثبت زلزله‌ای در ۵۵۰۰ سال پیش، در محدوده باستانی سیلک است. همان طور که اشاره شد، جهت نسبت دادن یک زلزله به‌دوره‌ای خاص، می‌بایست مستندات قوی در اختیار داشت. از این رو مطالعات کتابخانه‌ای و بازدیدهای میدانی از محوطه باستانی سیلک نشان داد که در ۵۵۰۰ سال پیش، شواهدی چون وضعیت نامتعارف دفن اسکلت‌ها، فروافتادن دیوارها، خشت‌های شکسته، ظروف سفالی شکسته، خمره‌های بزرگ واژگون شده و شکسته و همچنین، ترک و شکاف‌هایی وجود دارد که معرف یک زلزله مخرب در منطقه باستانی سیلک و اطراف آن است.

در کاوش‌های محل K, L، واقع در ضلع شرقی زیگورات (تپه جنوبی؛ شکل ۳)، تعدادی اسکلت انسانی مشاهده شد. این محل، سه فضای سکونتگاهی مجزا دارد که توسط دیوارهای خشتی بزرگ از یکدیگر مجزا شده‌اند. در این محوطه، در مجموع ۵ اسکلت یافت شده است که وضعیت دفن آن‌ها نه به صورت اسلامی و نه به‌صورت پیش از اسلام (یعنی به صورت جنینی) است. همراه این اسکلت‌ها که با وضعیت غیر عادی دفن شده بودند، هیچ وسیله و زیورآلاتی دفن نشده بود. همچنین در این محوطه، تعداد زیادی خمره‌های آذوقه پیدا شده است که تمامی آن‌ها در یک انبار واژگون شده‌اند. با تعیین سن سفال‌ها و اسکلت‌ها که توسط گروه باستان‌شناسی دکتر شهمیرزادی انجام گرفت، قدمت سفال‌ها و اسکلت‌ها، ۵۵۰۰ سال و برابر با لایه ۵ دوره

Archive of SID

www.SID.ir

سوم سیلک تخمین زده شد. در ادامه، به بررسی شواهد یافت شده برای رویداد لایه ۵ دوره سوم سیلک، در ۵۵۰۰ سال پیش خواهیم پرداخت.

موقعیت آشفته اسکلت‌ها

- محل L12 اتاق ۲۰۱، اسکلت‌های شماره ۱ و ۲ شکل ۳: در این فضا، ۲ مورد اسکلت انسانی با وضعیت آشفته کاوش شد. یکی از این دو، مربوط است به یک کودک سه ساله، با ۱۰۲ سانتیمتر قد که به صورت شرقی – غربی قرار گرفته است. اسکلت دوم، مربوط است به یک کودک ۴/۵ ساله که به صورت شمالی جنوبی و در کنار اسکلت اول قرار گرفته است. استخوان‌های دنده آن نیز زیر پای اسکلت شماره یک قرار گرفته است (فروزانفر، ۲۰۰۳).

- محل L12 اتاق ۲۰۲، اسکلت شماره ۳ شکل ۳: در این محوطه، اسکلتی وجود دارد که زیر توده‌ای عظیم از خاک و خشت قرار داشت و پس از خاک‌برداری این توده آواری، اسکلت مربوط به یک دختر حدود ۱۰ ساله کاوش گردید (شکلa-۴). همچنین پس از آواربرداری، شکافی بزرگ میان دیوار خشتی مشاهده شد که امتداد آن روی کف اتاق، به خوبی قابل تشخیص است (فروزانفر، ۲۰۰۳). همچنین در این دیواره و در مجاورت اسکلت، یک پیش آمدگی از خشت و تمایل خشت‌ها به داخل فضا جلب توجه می‌کند. روی اسکلت، قطعات شکسته ظرف بزرگ سفالی، که مربوط به قسمت زیرین آن ظرف بود، دیده شد (فروزانفر، ۲۰۰۳).

- محل L12 اتاق ۲۰۲، اسکلت شماره ۴ شکل ۳: این اسکلت، در میانه اتاق ۲۰۲ و به صورت شمالی – جنوبی قرار گرفته است. اسکلت از ناحیه ران شکسته و دنده‌های قفسه سینه خرد شده‌اند و خردشدگی استخوان دست راست، به خوبی قابل تشخیص است. مهره‌های گردن نیز آسیب فراوان دیده‌اند. با پاکسازی اسکلت و خارج شدن تمامی اندام مشخص شد که اسکلت زیر آواری از خشت قرار گرفته است. اسکلت، متعلق به یک مرد حدود ۳۵ ساله است (شکل b-۴). همچنین، یک ظرف سفالین رنگین و بزرگ، در گوشه جنوب غربی اتاق و مقابل جمجمه قرار داشت و در اثر ضربات شدید آوار خرد شده بود (فروزانفر، ۲۰۰۳).

- جدول K12 اتاق ۲۰۲، اسکلت شماره ۵: در این فضا، ظروف بزرگ سفالین وجود دارد که همه آن‌ها خرد و شکسته شده‌اند. اسکلت شماره ۵، مربوط است به یک زن ۲۵ تا ۳۰ ساله که در اثر آوار، ۵۰ درصد استخوان‌های فک او خرد شده است (فروزانفر، ۲۰۰۳).

۵. لایه نگاری ترانشه A

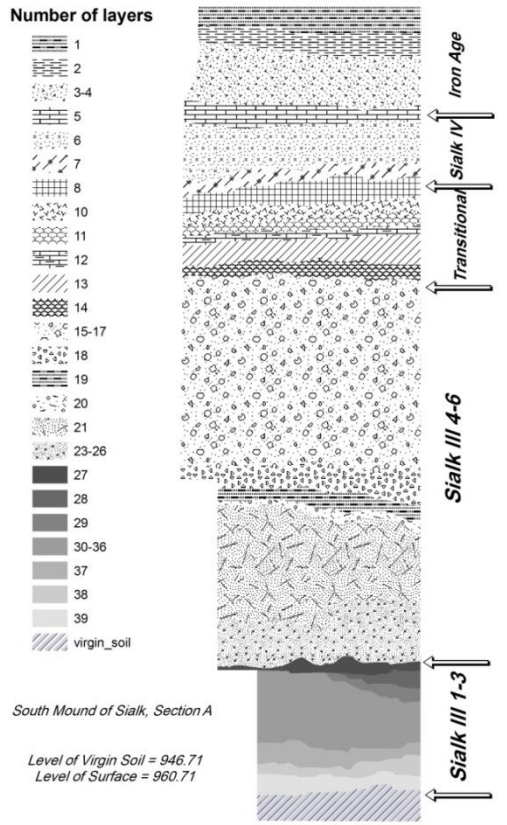
در سه متری شرق لبه کارگاه شماره ۳ گیرشمن یک ترانشه توسط ملک شهمیرزادی و همکاران حفر گردید (شکل ۳). بررسی موارد فرهنگی و اطلاعات لایه‌نگاری این ترانشه که عمقی برابر با ۱۴ متر از سطح

Archive of SID

www.SID.ir

بکر زمین دارد، ۳۹ لایه را مشخص کرد که هر لایه، مربوط به دوره‌ای از ساکنان این منطقه بوده است. در ادامه، مهم‌ترین رخدادهای این ترانشه ارایه شده است (جدول ۳).

جدول ۳- لایه‌نگاری ترانشه a. هر لایه، معرف یک دوره زندگی با مشخصات فرهنگی مختلف است.



رگه۱: دیوار خشتی به طول ۴ متر و عرض ۸۰ سانتی متر با خشت‌های ۱۲×۴۰×۴۰ سانت فروریخته است

رگه۴: قطعات وارفته خشت

رگه ۵: قطعات خرد شده خشت

رگه ۹: استخوانهای خرد شده

رگه ۱۴: قطعات شکسته سفال، اثرات سوختگی و آتش سوزی

رگه ۱۸: یک نوزاد که احتمالا دفن شده و روی آن قطعات شکسته سفال قرار داشت

رگه ۲۰: تعداد زیادی اسکلت با وضعیت غیر عادی، مرگ در اثر یک رویداد طبیعی، سفال و خمره شکسته، دیوارهای فرو ریخته.

رگه ۲۳: قطعات شکسته سفل و خشت

به نظر گیرشمن (۱۹۳۷)، ساکنان لایه شماره ۵ (رگه ۲۰)، باید قربانی بلای مهیبی شده باشند (لوح ۶۱، دوره ۳، شماره ۱). در مقابل پنجره کوچکی که به راهروی باریکی باز می‌شود، مجموعه سه اسکلت پیدا شد که یکی از آن‌ها بزرگسال و دو اسکلت دیگر کودک بودند (لوح ۲۵، شماره ۲ و لوح ۲۴، شماره ۴). اسکلت بزرگسال، مربوط به زنی است که روی زمین نشسته و پاهای خود را دراز کرده و یکی از کودکان را روی زانوهای خود گرفته است (جمجمه او روی زانوی چپ زن دیده می‌شود)؛ در حالی که کودک دیگر در طرف چپ اوست. از حالت بازوهای زن که کودکان را پوشانیده، چنین بر می‌آید که این زن، در لحظه مرگ می‌خواسته کودکانش را با اعضای بدن خود بپوشاند (گیرشمن، ۱۹۳۷؛ شکل c-۴). این وضعیت غیر عادی، فقط مربوط به لایه شماره ۵ نمی‌شود. اسکلت دیگری در انتهای غربی پیدا شد (لوح ۲۵، شماره ۳) که بازمانده استخوان‌های بزرگسالی است که زیر خشت‌ها خرد شده است. زانوی چپ او جدا شده، زانوی راست او خمیده و بقیه استخوان‌ها در نزدیکی پای او قرار گرفته‌اند. این مرد ابتدا به زانو در آمده و بدن وی در زیر آوار دیوار خرد و شکسته شده و به سمت چپ افتاده است (گیرشمن، ۱۹۳۷؛ شکل d-۴).

www.SID.ir

شکل ۴- a) تصویر اسکلت یک دختر ۱۰ ساله که در اثر ریزش سقف، در ۵۵۰۰ سال پیش کشته شده است. آثار شکستگی در سر، ران و مفاصل، به طور کامل مشهود است. b) تصویر متعلق است به یک مرد ۳۵ ساله که در اثر ریزش دیوار و سقف و اصابت خشت به سر، در ۵۵۰۰ سال پیش کشته شده است. C) تصویر یک زن، همراه با دو بچه که همگی در اثر ریزش آوار، در ۵۵۰۰ سال پیش کشته شده‌اند. d) تصویر مربوط است به یک مرد که در اثر ریزش آوار، کمرش به‌کلی خرد شده و آثار شکستگی در ساق پاها و مفاصل قابل مشاهده است.

Archive of SID

بحث

بررسی لایه‌های مختلف فرهنگی - تمدنی نشان داد که منطقه سیلک و اطراف آن، چندین بار رویدادی مهم را که باعث تغییر زندگی مردم آن زمان شده است، تجربه کرده است (جدول ۴). از مهم‌ترین رویدادها می‌توان به رویداد ۶۱۰۰ سال پیش، در تپه شمالی اشاره کرد که به نظر گیرشمن در اثر یک زلزله سکونتگاه خود را ترک کرده‌اند. در مورد این زلزله، تنها فاصله محل خرابی تا گسل مسبب را در اختیار داریم. همچنین، در مورد زلزله ۵۵۰۰ سال پیش که علاوه بر حداقل فاصله خرابی که منجر به محاسبه حداقل بزرگا خواهد شد، شواهد باستان‌شناسی لرزه‌ای زیادی جهت تخمین شدت زلزله دردسترس است. اگر نظر گیرشمن در مورد زلزله بودن رویداد ۶۱۰۰ سال پیش را بپذیریم، می‌توان این طور نتیجه گرفت که دو رویداد ۵۵۰۰ و ۶۱۰۰ سال پیش، زلزله بوده‌اند. بنابراین، بر اساس فاصله تأثیر که امبرسیز در ۱۹۸۲ ارایه داد، می‌توان حداقل

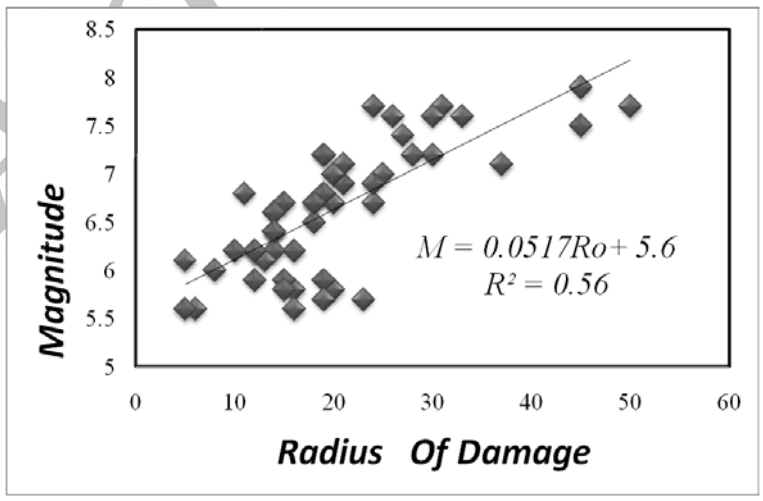
www.SID.ir

بزرگای زمین‌لرزه را برای این دو رویداد محاسبه کرد. در مورد رویدادهای ۸۰۰۰، ۵۲۰۰ و ۳۰۰ سال پیش، تنها یک وقفه فرهنگی و زمان متروک شدن در دسترس است. بدین ترتیب، نمی‌توان به طور قطعی، زلزله بودن این رویدادها را تعیین کرد (جدول ۴).

جدول ۴- رویدادهای لرزه‌ای در ادوار مختلف تمدن سیلک.

مرجع	علت	رویداد	محل	دوره	سال
در این مطالعه	زلزله احتمالی	ترک سکونت گاه به سمت سیلک شمالی	تپه شورابه	قبل از سیلک I	قبل از حاضر ۸۰۰۰
		ساکن شدن در تپه شمالی سیلک	تپه شمالی سیلک	سیلک I	قبل از حاضر ۷۵۰۰
		زندگی در تپه شمالی	تپه شمالی سیلک	سیلک II	قبل از حاضر ۷۰۰۰
در این مطالعه	زلزله احتمالی	ترک سکونت گاه به سمت سیلک جنوبی	تپه جنوبی سیلک	سیلک III	قبل از حاضر ۶۱۰۰
در این مطالعه	زلزله احتمالی	یک رویداد مخرب رخ داده است	تپه جنوبی سیلک	سیلک III لایه ۵	قبل از حاضر ۵۵۰۰
در این مطالعه	زلزله احتمالی		تپه جنوبی سیلک	زون گذار	قبل از حاضر ۵۲۰۰
		شروع سیلک ٤	تپه جنوبی سیلک	سیلک IV	قبل از حاضر ۵۰۰۰
		زیگورات سیلک ساخته شد	تپه جنوبی سیلک	سیلک IV	قبل از حاضر ٤۰۰۰
بربریان	زلزله احتمالی	نبود اطلاعات	تپه جنوبی سیلک	اواخر سیلک IV	قبل از حاضر ۳۰۰۰

امبرسیز، در کاتالوگ لرزه‌خیزی تاریخی ایران، پارامتری به نام شعاع منطقه کلان‌لرزه‌ای (شعاع تأثیرپذیری از چشمه) تعریف کرده است. این شعاع، بر اساس منابع و گزارش‌های تاریخی ایران و فاصله آن‌ها از چشمه لرزه‌ای تعیین شده است. بنابراین بر اساس کاتالوگ امبرسیز، یک رابطه خطی بین بزرگا و فاصله تأثیر پذیری با رگرسیون‌گیری محاسبه شد (شکل ۵).



شکل ۵- نمودار رگرسیون بین فاصله زون خرابی از چشمه لرزه‌ای و بزرگا، داده‌ها برگرفته از کاتالوگ امبرسیز (۱۹۸۲).

Archive of SID

www.SID.ir

نمودار رگرسیون بزرگا – فاصله تأثیر، با توجه به داده‌های تاریخی قبل از ۱۹۰۰ق.م که در حدود ۵۲ داده تاریخی است محاسبه شد. بر اساس رابطه بزرگی – شعاع تأثیر از چشمه لرزه‌ای، می‌توان حداقل بزرگی ۵.۸ را به زلزله‌های ۶۱۰۰ و۵۵۰۰ سال پیش نسبت داد. این بزرگا، یک بزرگای حداقلی است؛ چون این امکان وجود دارد که شعاع تأثیر از چشمه، بزرگ‌تر از این مقدار بوده باشد؛ ولی به دلیل کمبود اطلاعات، امکان نسبت دادن شعاع دیگری به این رویدادها وجود ندارد. همان طور که پیش‌تر بررسی شد، در مورد زلزله ۵۵۰۰ سال پیش، اطلاعات بیشتری در دسترس است. بنابراین، می‌توان بر اساس چگونگی خرابی‌ها، میزان خرابی‌ها و شواهد لرزه زمین‌ساختی رخ داده در اثر آن زلزله و با استفاده از مقیاس‌های تجربی شدت، به آن رویداد یک شدت نسبت داد. از جمله خرابی‌های زلزله ۵۵۰۰، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- فرو ریختن سقف‌ها؛
- فرو ریختن دیوارها؛
- فرو افتادن اجسام، ازجمله ظروف و خمره‌ها؛
- زیرآوار ماندن بسیاری از مردم و کشته شدن آنان در اثر فرو افتادن خشت‌ها؛
- ایجاد شکاف و ترک، با امتداد مشخص؛
- تخریب کامل تپه جنوبی.

بنابراین، با استفاده از مقیاس‌های MCS-1930، MM-1931، MSK-1964 و INQUA-2003، می‌توان شدت‌های زیر را به این رویداد نسبت داد (جدول ۵).

جدول۵- شدت‌های نسبت داده شده به زلزله ۵۵۰۰

مقیاس	شدت	توضیحات
MSK	IX	خرابی خشت های گلی و ایجاد ترک در زمین
MM	VIII	فروریختن آثار باستانی و ایجاد ترک در زمین
MCS	X	ایجاد ترک در سطح زمین
INQUA	VIII	ایجاد گسلش و ترک با ۵ سانتیمتر جابجایی

در نهایت، با استفاده از روابط تجربی (جدول ۷)، می‌توان بزرگای میانگین ۷ را به رویداد ۵۵۰۰ سال پیش نسبت داد. یکی از روش‌های معتبر در نسبت دادن شدت به یک زلزله تاریخی، استفاده از مقیاس شدت امبرسیز (۱۹۸۲) است. این مقیاس، جهت محاسبه شدت زلزله‌های تاریخی ارایه شده است (جدول ۶). با توجه به این که خرابی‌ها در ۵۵۰۰ پیش، در سراسر تپه جنوبی مشاهد شده و همچنین، تلفات انسانی نیز قابل توجه بوده است و تلفات دامی هم یافت نشد، شدت ۲ از مقیاس امبرسیز را به این رویداد نسبت دادیم. تفاوت اصلی در نسبت دادن شدت ۱ و یا ۲ در مقیاس امبرسیز، میزان تلفات دام و انسان است. به هر ترتیب، به‌دلیل نبودن اطلاعات تلفات دامی، شدت ۲ به این رویداد تاریخی نسبت داده شد. البته این امکان وجود دارد

Archive of SID

www.SID.ir

که زلزله در زمان چرای دام‌ها رخ داده باشد؛ چون بیشتر کشته شدگان، کودک و زنان بودند و مردان، احتمالاً بیرون از تپه مشغول کار روزانه بوده‌اند.

جدول۶- مقیاس شدت زلزله‌های تاریخی (امبرسیز، ۱۹۸۲)

شدت معادل مرکالی	شدت	توصیف خرابی
X	۱	ویرانی کامل سازه های ساخته آدمی، کشته شدن شمارزیادی از مردم، تلفات کلی دامها
VIII	۲	همه خانه ها و بسیاری از ساختمانهای همگانی ویران می شود، با تلفات انسانی و از میان رفتن دام ها
VII	۳	بسیاری از خانه ها ویران می شود و اندکی از مردم کشته می شوند
V+	۴	شمار اندکی خانه ویران می شود ساختمانهای همگانی شکاف بر می دارد. بدون تلفات انسانی
IV	۵	لرزه در گستره بزرگی حس می شود و مایه نگرانی می شود

همان طور که در جدول ۶ ارایه شده است، معادل شدت ۲ امبرسیز در مقیاس اصلاح شده مرکالی، شدت VIII است که پیش‌تر، در محاسبه بزرگای این زلزله به‌کار گرفته شد.

جدول ۷- روابط تجربی برآورد بزرگا – شدت

محقق	روابط تجربی
گوتنبرگ وریشتر (۱۹۵۶)	$M = 1 + 0.67\ Io$
نوروزی و اشجعی (۱۹۷۸)	$M = 1.65 + 0.59Io$
امبرسیز و ملویل (۱۹۸۲)	$M = 0.77Io - 0.07$
رمزی و کارنیک (۱۹۹۴)	$M = 0.81Io - 0.12$

در نهایت، کاتالوگ نهایی با وارد کردن دو رویداد سال ۶۱۰۰ و ۵۵۰۰ ق.م و تصحیح بزرگای زلزله تاریخی سال ۱۷۷۸ میلادی، در جدول ۸ ارایه شده است.

جدول ۸- کاتالوگ زلزله‌های تاریخی منطقه کاشان – سیلک

مرجع	گسل	محل	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	شعاع خرابی	شدت بربریان	شدت امبرسیز	بزرگا	روز	ماه	سال
در این مطالعه	کاشان	تپه شورابه						۵.۸+			قبل از حال حاضر ۸۰۰۰
در این مطالعه	کاشان	تپه جنوبی سیلک						۵.۸+			قبل از حاضر ۶۱۰۰
در این مطالعه	کاشان	تپه جنوبی سیلک						۷			قبل از حاضر ۵۵۰۰
در این مطالعه	کاشان	تپه جنوبی سیلک						۵.۸+			قبل از حاضر ۵۲۰۰
بربریان و این مطالعه	کاشان	تپه جنوبی سیلک	۳۳.۹۵	۵۱.۴۲				۵.۸+			اواخر دوره ۴ سیلک
بربریان	کاشان		۳۴	۵۱.۵				۵.۵+		۸	۱۵۷۴

Archive of SID

www.SID.ir

امبرسیز و بربریان	کاشان	کاشان	۳۴	۵۱.۴		VII+	۲+	۵.۹	۷	۶	۱۷۵۵
امبرسیز و بربریان و این مطالعه	کاشان	کاشان	۳۴	۵۱.۳	۱۴	VIII	۲	۷.۲	۱۵	۱۲	۱۷۷۸
بربریان و امبرسیز	کاشان	کاشان	۳۳.۶	۵۱.۴			۲	۶.۴	۱۲	۵	۱۸۴۴
بربریان	کاشان	ساروق	۳۴.۱۸	۵۱.۲۲	۵	VII+		۵.۳+	۷	۲	۱۸۹۰
بربریان	کاشان	ساروق	۳۴.۱۸	۵۱.۲۳	۵	VII		۵.۳			۱۸۹۵

نتیجه‌گیری

رویدادهای تاریخی، نقش مهمی را در برآورد لرزه‌خیزی، پیش‌بینی زلزله و به طور کلی در علم زلزله‌شناسی مهندسی بازی می‌کنند. هر چند امروزه، با پیشرفت زلزله شناسی دستگاهی، گامی مهم در این رشته برداشته شده است؛ ولی همچنان برای مطالعه زلزله‌های تاریخی نیازمند روش‌ها و علوم دیگری چون باستان‌شناسی، تاریخ و دیرینه لرزه‌شناسی هستیم. در این مطالعه، سعی شد تا با بهره‌گیری از علم باستان‌شناسی، رویدادهای لرزه‌ای منطقه سیلک کاشان بررسی شود. به این منظور، مجموعه شواهد و مستندات زلزله‌ها در ادوار مختلف جمع‌آوری شد. بر اساس نوع خرابی‌ها و چگونگی دفن اجساد و همچنین پراکندگی این آثار، احتمالاً رویدادهای منطقه زلزله بوده است. بنابراین اگر رویدادهای گذشته، به خصوص رویداد سال ۵۵۰۰ سال یک زلزله باشد، می‌توان با استفاده از روابط تجربی و مقیاس‌های تعیین شدت، به ارزیابی زلزله‌های احتمالی گذشته پرداخت. در نهایت بر اساس روابط تجربی و جدول‌های شدت، بزرگایی برای زلزله ۵۵۰۰ سال پیش تعیین شد. همچنین، با استفاده از فاصله محل خرابی‌ها تا گسل مسبب (گسل کاشان)، یک بزرگای حداقلی به سایر رویدادها نسبت داده شد. با استفاده از مطالعات جدید نیز بزرگای زلزله سال ۱۷۷۸ میلادی تصحیح شد و در نهایت، کاتالوگ لرزه‌ای منطقه کاشان – سیلک ارایه گردید (جدول ۸).

منابع:

Ambraseys, N. N. (2006). Earthquakes and archaeology. *Journal of Archaeological Science 33*, 1008-1016.

Ambraseys, N. N., & Melville, C. P. (1982). *A history of Persian earthquakes*. Cambridge: Cambridge university press.

Berberian, M. (1976). *Contribution of the seismotectonics of Iran* (part II), Geological Survey of Iran, Report. No. 3.

Berberian, M. (1994). *Natural hazard and the first earthquake cataloge of iran*.Vol.1, Historical hazards in Iran prior to 1900, IISSE.

Archive of SID

www.SID.ir

Berberian, M., & King, G. C. P. (1981). Toward a paleography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth. Sc,. 18*, 210 – 265.

Frozanfar, F. (2003). *Disturbed Skeletal Remains, in Silversmith of Sialk*.

Ghirshman, R. (1837). *Rapport preliminire sur les fouilles de Tepe Sialk (Kashan)*.Vol.I.

Jamali, F., Hessami Azar, KH., & Ghorashi, M. (2008). Active Faulting and segmentation along Qom-Zefreh Fault System between Zefreh and the North of Kashan, Central Iran. *Journal of Geosciences ,.68,* 182-189.

Karimi, A. (2001). *Sialk Kashan (translation of Fouille de Sialk pres de kashan)*.

Malek Shahmirzadi, S. (2002). *The Ziggurat of Sialk*, report No.1, Iranian Cultural Heritage Organization (ICHO).

Malek Shahmirzadi, S. (2003). *Silversmith of Sialk*, Report No.2, ICHO, Archaeological center.

Malek Shahmirzadi, S. (2004). *The potters of Sialk*, Report No.3, ICHO, Archaeological center.

Malek Shahmirzadi, S. (2006). *The Fishermen of Sialk*, Report No.4, ICHO, Archaeological center.

Michetti, A. M. E., Esposito, J., Mohammadioun, B., Mohammadioun, A., Gürpinar, S., Porfido, E., Rogozhin, L., Serva, R., Tatevossian, E., Vittori, F., Audemard, V., Comerci, S., Marco, J., McCalpin, & Morner, N. A. (2003). *The Proposed Inqua Scale Based On Seismically-Induced Ground Effects In The Environment*, XVI INQUA Congress, Reno, July 23 – 30.

Nabavi, M. H. (1976). *Introduction on Geology of Iran. Geological Survey of Iran*, report No.?

Nilforoushan, F., Vernant, P., Masson, F., Vigny, C., Martinod, J., Abbassi, M., Nankali, H., Hatzfeld, D., Bayer, R., Tavakoli, F., Ashtiani, A., Doerflinger, E., Daignieres, M., Collard, P., & Chery, J. (2003). GPS network the Arabia – Eurasia collision deformation in Iran. *Journal of Geodesy, 77,* 411-422.

Vernant, P., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D., Abbassi, M., Vigny, C., Masson, F., Nankali, H., Martinod, J., Bayer, R., Tavakoli, & Chery, J. (2004). Present day crustal deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman, *Geophys Journal, 157,* 381 – 398.

Wells, D. L., & Coppersmith, K. J. (1994). New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacements. *Bull. Seis. Soc. Am, 84 (4),* 974-1002.

Archive of SID

www.SID.ir