

# گسل‌های جنب‌و-قطعه‌بندی پهنه گسلی قم – زفره در گستره میان زفره تا شمال کاشان

نوشته: فرشاد جمالی\*، خالد حسامی آذر\* و منوچهر قرشی\*\*

\* پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران؛  
\*\* سازمان زمین‌شناسی کشور و دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران.

## Active Faulting and Segmentation along Qom-Zefreh Fault System between Zerfreh and the North of Kashan, Central Iran

By: F. Jamali\*, K. Hessami Azar\*, M. Ghorashi\*\*

\*International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Tehran, Iran  
\*\*Geological Survey of Iran (GSI) & Islamic Azad University- North Tehran Branch, Tehran, Iran

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵ / ۱۰ / ۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶ / ۰۴ / ۱۹

### چکیده

پهنه گسلی قم - زفره از دیرباز به‌عنوان یکی از گسل‌های اصلی گستره ایران مرکزی شناخته شده است. در این مقاله با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی و بررسی‌های صحرائی، هندسه و سازوکار قطعه‌های گسلی در راستای این پهنه در حدفاصل زفره تا شمال کاشان بررسی شده است. جابه‌جایی بستر رودخانه‌ها و مخروط افکنه‌های آبرفتی مشاهده شده بر روی تصاویر ماهواره‌ای و هوایی، همراه با بازدیدهای صحرائی، نشانگر وجود حرکت راستالغز راست‌بر در طول این پهنه گسلی است. افزون بر این، بررسی عوارض ریخت‌شناختی همراه با بروزدهای گسلی بررسی شده در طول این پهنه گسلی بر وجود یک مؤلفه معکوس با شیب به سمت باختر دلالت دارد که در نتیجه آن، بلوک باختری نسبت به بلوک خاوری فرایش یافته است. بر پایه تفاوت‌های ریخت‌زمین‌ساختی و تغییرات مشاهده شده در روند این ساختار، سه قطعه گسلی با نام‌های زفره، کاشان و راوند در طول این پهنه گسلی در ناحیه مورد مطالعه شناسایی شده است. معرفی این سه قطعه گسلی از دیدگاه برآورد خطر زمین لرزه در ناحیه کاشان اهمیت بسیار دارد.

**کلید واژه‌ها:** گسل‌های جنب‌و-قطعه‌بندی، ریخت‌زمین‌ساخت، ریخت‌زمین‌ساخت، قطعه‌بندی، پهنه گسلی قم - زفره.

### Abstract

The N-NW trending Qom-Zefreh fault system has long been recognized as one of the major faults in Central Iran. We have used observations of faulting, recognized on satellite images and aerial photos, in conjunction with field investigations, to infer fault activity along this structure in an area between Zefreh and the north of Kashan. Right-lateral strike-slip motion along this fault can be inferred from the associated lateral offset of stream beds and alluvial fan observed on aerial photographs and on the field. Morphological features and observations of fault exposure in several places also indicate that the western block is up-thrown relative to the eastern block across reverse component of the Qom-Zefreh fault system. Using changes in fault geomorphology and fault trace orientation we have defined two segment boundaries and structurally divided the Qom-Zefreh fault system into three segments in the region, namely Zefreh, Kashan and Ravand segments. The recognition of these segments is important because it may have implication in assessment of seismic hazard for the Kashan region.

**Key words:** Active faulting, Seismotectonics, Tectonic geomorphology, Segmentation, Qom-Zefreh fault zone.

## ۱- مقدمه

منطقه مورد پژوهش در حاشیه جنوب باختری پهنه ایران مرکزی و در مجاورت این پهنه با کمربند آتشفشانی ارومیه - دختر جای دارد. بررسی زمین لرزه‌های تاریخی و معاصر در گستره ۱۰۰ کیلومتری شهر کاشان نشان‌دهنده ثبت تنها ۱۲ زمین لرزه با بزرگای بیش از ۳/۰ در این محدوده است که از این میان، شش رویداد متعلق به بیش از سده بیستم میلادی بوده است. زمین لرزه سال ۱۸۴۴ میلادی قهرود با بزرگای ۶/۴ Ms (Berberian, 1994)، بزرگ‌ترین رویداد مکان‌یابی شده در این گستره است. با توجه به داده‌های لرزه‌ای موجود، گستره مورد مطالعه از سطح لرزه‌خیزی پایینی برخوردار است. در چنین مناطقی ارزیابی خطر زمین لرزه، تنها بر مبنای بررسی‌های آماری منطقی نیست.

یکی از عناصر کلیدی در برآورد خطر زمین لرزه، ویژگی‌های سرچشمه‌های لرزه‌زا است. بزرگا و آهنگ رویداد زمین لرزه‌های بزرگ و ویرانگری که می‌توانند در نتیجه فعالیت گسل‌های جنب‌و در نزدیکی یک ساختگاه روی دهند از جمله این ویژگی‌هاست. افزون بر این، آهنگ لغزش و دوره بازگشت زمین لرزه‌ها نیز از ویژگی‌های اصلی در برآورد توان لرزه‌زایی یک گسل بوده و دستیابی به آنها بدون بررسی‌های دقیق ریخت‌زمین‌ساخت و زمین‌ساخت جنب‌و یک گسل و ساخت‌های مرتبط با آن امکان‌پذیر نیست. یکی از عناصر اساسی در برآورد بزرگای یک زمین لرزه احتمالی در آینده، برآورد طول قطعه‌های گسلی لرزه‌زا است. از آنجا که به‌طورعموم تمام طول گسل در طی یک زمین لرزه گسیخته نمی‌شود، از این‌رو اولین گام در به‌کارگیری گسل‌های جنب‌و برای ارزیابی خطر زمین لرزه در یک منطقه، شناسایی قطعه‌های مختلفی است که هر یک به تنهایی در طی یک رویداد زمین لرزه‌ای گسیخته می‌شوند. در این حالت قطع‌بندی گسل با استفاده از گسیختگی سطحی، تنها در صورتی امکان‌پذیر است که قطعه‌های مختلف گسل مورد نظر طی زمین لرزه‌های مختلف گسیخته شوند و یا این‌که در طول آن، مطالعه‌های دیرینه‌لرزه‌شناسی صورت گرفته باشد. در غیر این صورت باید روش‌های دیگری را برای قطع‌بندی گسل به کار گرفت. یکی از متداول‌ترین روش‌های قطع‌بندی گسل، قطع‌بندی ساختاری است که در این روش با استفاده از تغییر ریخت‌شناسی و یا هندسی گسل (وجود خم، پله و یا نبود گسلی) قطعه‌های مختلف شناسایی می‌شوند. همچنین قطع‌های ساختاری را می‌توان در محل تقاطع یک قطعه با گسل‌ها و یا چین‌ها شناسایی کرد. به‌عبارت دیگر در قطع‌بندی ساختاری، انتهای یک قطعه گسلی معرف یک انقطاع ساختاری است.

با توجه به اطلاعات محدودی که در رابطه با فعالیت لرزه‌خیزی پهنه گسلی قم - زفره وجود دارد، بررسی دقیق زمین‌ساخت جنب‌و در راستای این پهنه گسلی، همراه با کاربرد روش‌های مختلف ریخت‌زمین‌ساختی ما را در شناخت هرچه بیشتر سازوکار فعال این گسل به منظور شناسایی قطعه‌های مختلف آن یاری می‌کند. در این مطالعه، ضمن ارائه شواهد ریخت‌زمین‌ساختی مبنی بر فعالیت گسل قم - زفره، به معرفی سه قطعه گسلی در طول آن می‌پردازیم.

## ۲- موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه

رشته کوه کرکس یا کهرود با امتداد شمال‌باختری - جنوب‌خاوری در گستره جنوب‌باختری کاشان، این محدوده را به دو دشت متمایز اردستان - کاشان در شمال‌خاور و دشت مورچه‌خورت در جنوب‌باختر تقسیم می‌کند (شکل ۱). راستای این رشته کوه‌ها در محدوده مورد مطالعه پیوسته بوده اما ادامه شمال باختری آن (بیرون از محدوده مورد مطالعه) توسط رودخانه‌های قمرود و قره‌چای بریده شده است. توده‌های ماگمایی اسکلت اصلی این رشته کوه‌ها را ساخته و توده‌های نفوذی زیادی در آن جایگزین شده‌اند. فعالیت آتشفشانی در طول این رشته کوه‌ها را نتیجه فرورانش پوسته اقیانوسی نوتیس در محل گسل اصلی زاگرس به زیر پوسته قاره‌ای ایران مرکزی و ذوب آنها در ژرفای زمین می‌دانند (Berberian & King, 1981).

در اثر این فرایند، مواد مذاب درونی از طریق شکاف‌ها و گسل‌های متعدد به سطح زمین راه یافته و در حاشیه ایران مرکزی کوه‌های مزبور را ساخته‌اند. به اعتقاد محققان یکی از گسل‌هایی که نقش مهمی در خروج مواد مذاب درونی دارد، گسل قم - زفره بوده است (نبوی، ۱۳۵۵).

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش در دامنه‌های شمال‌خاوری این کوهستان و در حد فاصل زفره تا شمال کاشان واقع است (شکل ۱). در محدوده مورد مطالعه، با فاصله گرفتن از کوهستان، تمام فرونشست‌های داخلی با حجم عظیمی از رسوبات آبرفتی پوشیده شده است. بخش اعظم رسوبات این پهنه‌های آبرفتی در دوره‌های مرطوب کواترنر (دوره‌های یخساری) شکل گرفته‌اند (علائی، ۱۳۸۱). در این دوره‌های سرد و مرطوب شدت فرسایش بیشتر بوده و سیلاب‌های به مراتب بزرگ‌تری نسبت به سیلاب‌های حال حاضر شکل می‌گرفته است. ستبرای این پهنه‌های آبرفتی بسیار زیاد بوده و در برخی موارد بیش از ۱۰۰۰ متر برآورد می‌شود.

حد میان کوه و دشت در پیشانی شمال‌خاوری کوه‌های کرکس گسلی بوده و پهنه گسلی قم - زفره واقع در شمال‌خاوری کمربند آتشفشانی ارومیه - دختر

گستره آن را از کوه‌های جنوب قم تا جنوب زفره در نظر گرفته است. به نظر وی این پهنه گسلی ممکن است ادامه گسل شمال تبریز باشد.

عمیدی (۱۹۷۵)، بخشی از این پهنه گسلی را که از یک کیلومتری باختر نطنز شروع شده و تا جنوب زفره ادامه می‌یابد، به نام گسل زفره نامیده است. به نظر عمیدی بر اثر عملکرد این گسل، سازندهای مختلف شمال زفره به صورت مجاورت زمین‌ساختی، مقابل هم قرار گرفته‌اند و در آن حرکت راست‌بر قائم یا تقریباً قائم قابل مشاهده است. به عقیده وی، آهک‌های کرتاسه این منطقه تا ۲ کیلومتر به صورت راست بر جابه‌جا شده‌اند (عمیدی، ۱۹۷۵). از سوی دیگر ناجی (۱۹۷۲)، گسل کاشان را (بربریان، ۱۹۷۶) که از خاور قمصر تا شمال راوند با راستای شمال‌باختر - جنوب‌خاور امتداد یافته است، به عنوان گسل فین معرفی کرد. به عقیده وی شیب این گسل در حدود ۸۰ درجه به سمت جنوب‌باختر بوده و در راستای آن نهشته‌های کواترنر دشت کاشان به سوی شمال‌خاور رانده شده‌اند. مطالعات انجام شده توسط پروهان (۱۳۸۰) و احمدی (۱۳۸۱) نیز گویای فعالیت‌های زمین‌ساختی جوان در راستای پهنه گسلی قم - زفره است.

بررسی‌های انجام شده توسط جمالی و همکاران (۱۳۸۵) نشانگر آن است که عوارض جوان ریخت‌شناختی در محدوده نطنز (در راستای پهنه گسلی قم - زفره) متحمل جابه‌جایی راستالغز راست‌بر شده و همچنین مؤلفه معکوس آن باعث شده تا علاوه بر واحدهای آذرین و رسوبی، نهشته‌های کواترنر و هولوسن در طول پهنه گسلی قم - زفره نسبت به دشت کاشان فرایش یابند. بر پایه مطالعه‌های حاضر و بر اساس تغییر روند عمومی پهنه گسلی، شواهد ساختاری و ویژگی‌های ریخت‌شناسی، پهنه گسلی قم - زفره از شمال کاشان تا زفره به سه قطعه راوند، کاشان و زفره تقسیم شده، که به ترتیب به ویژگی‌های هر یک می‌پردازیم (شکل ۱).

#### ۱-۵ - قطعه گسلی راوند

قطعه گسلی راوند از محدوده گنبد‌های نمکی شمال آب‌شیرین در گستره شمال کاشان تا نزدیکی فین با راستای شمال، شمال‌باختر به طول حدود ۵۵ کیلومتر گسترش دارد. این قطعه گسلی نسبت به دیگر قطعه‌ها پهنای وسیع‌تری دارد، به گونه‌ای که شاخه‌های این قطعه گسلی از مرز کوه و دشت در باختر تا حاشیه بادزن‌های آبرفتی در طول جاده قدیم کاشان - قم گسترش دارند. این قطعه گسلی دست کم از سه افراز گسلی اصلی و تقریباً موازی و چندین افراز گسلی فرعی تشکیل شده که از سوی کوه به دشت، کوتاه‌تر و جوان‌تر می‌شوند (شکل ۲a,b).

بر اثر فرایش بلوک باختری در طول جوان‌ترین این افرازاها، رسوبات ریزدانه رسی و ماری به رنگ نخودی تا کرم در سطح رخنمون یافته‌اند، به گونه‌ای که

(کوه‌های کرکس)، مرز میان این پهنه و پهنه زمین‌ساختی - رسوبی ایران مرکزی (دشت اردستان - کاشان در محدوده مورد مطالعه) را تشکیل می‌دهد. علاوه بر جابه‌جایی در طول گسل‌های جوان در منطقه مورد مطالعه، حرکات ناشی از رویداد زمین‌ساختی پاسادین، سازند هزاردره و نهشته‌های جوان‌تر را به شدت چین داده است. تردیدی نیست که چین خوردن این نهشته‌ها در بسیاری موارد بازتاب فعالیت گسل یا گسل‌های پی‌سنگی است (پدرامی، ۱۳۶۰).

#### ۳- لرزه‌خیزی گستره مورد مطالعه

اطلاع بسیار کمی در مورد لرزه‌خیزی گستره کاشان در دست است. بررسی زمین‌لرزه‌های تاریخی و معاصر گستره ۱۰۰ کیلومتری شهر کاشان نشان‌دهنده ثبت تنها ۱۲ زمین‌لرزه با بزرگای بیش از ۳/۰ در این محدوده بوده که در این میان شش رویداد متعلق به پیش از سده بیستم میلادی است. از این میان زمین‌لرزه ۱۸۴۴ قهرود با بزرگای ۶/۴ Ms، بزرگ‌ترین رویداد شناسایی شده این گستره به شمار می‌رود (Ambraseys & Melville, 1982). همچنین اطلاع درستی از ژرفای کانونی زمین‌لرزه‌ها در این گستره وجود نداشته و تنها بر پایه بررسی‌های انجام شده و داده‌های محدود در دسترس، فعالیت لرزه‌ای اصلی در ناحیه مورد مطالعه کم ژرفاتر از ۳۰ کیلومتر برآورد شده است. از طرفی سازوکار زمین‌لرزه‌های گستره مورد مطالعه (ایران مرکزی) نشانگر چیرگی سازوکار راستالغز بر دیگر سازوکارهاست (Jackson & McKenzie, 1984). این در حالی است که هیچ سازوکاری برای زمین‌لرزه‌های منتسب به پهنه گسلی قم - زفره در دست نیست.

#### ۴- زمین‌ساخت جنب‌ها

گسلش جنب‌ها در ایران ناشی از تغییرشکل فعال پوسته ایران است که در نتیجه همگرایی بین صفحه‌های قاره‌ای عربستان و اوراسیا صورت می‌گیرد. آهنگ کوتاه‌شدگی ناشی از این همگرایی در پهنه ایران بر اساس اندازه‌گیری‌های GPS حدود ۲۵ - ۲۲ میلی‌متر در سال برآورد شده است که از این مقدار حدود ۳-۲ میلی‌متر در سال در منطقه حدفاصل بین پهنه اورمیه - دختر و دامنه‌های جنوبی البرز مستهلک می‌شود (Nilforoushan et al., 2003; Vernant et al., 2004). بررسی‌های زمین‌ساختی و ریخت‌شناختی بیانگر آن است که این همگرایی در طول پهنه آتشفشانی اورمیه - دختر به‌طور عمده بر روی گسل‌های راستالغز راست‌بر مستهلک می‌شوند (Meyer et al., 2006).

#### ۵- گسل قم - زفره

نبوی (۱۳۵۵)، اولین بار این پهنه گسلی را با نام قم - زفره معرفی کرده و

لغزش افقی در طول این بخش از قطعه گسلی کاشان را دست کم ۰/۸ و دست بالا ۴/۸ میلی‌متر در سال برآورد کرد. بر این اساس میانگین این دو مقدار (یعنی آهنگ ۲/۵ تا ۳ میلی‌متر در سال) برای قطعه گسلی کاشان دور از انتظار نیست.

بازدید صحرایی در گستره جنوب‌خاوری گبرآباد منجر به شناسایی ترانشه مصنوعی در نهشته‌های جوان آبرفتی شد. نهشته‌های مذکور در اثر عملکرد قطعه گسلی کاشان به روشنی به صورت راستالغز راست بر جابه‌جا شده است (شکل ۳b,d).

### ۵-۳- قطعه گسل زفره

جنوب‌خاوری‌ترین قطعه پهنه گسلی قم - زفره، قطعه گسل زفره است که از مدت‌ها پیش توسط پژوهشگران به عنوان یک گسل راستالغز راست بر معرفی شده است (نبوی، ۱۳۵۵؛ Amidi, 1975). درازای قطعه گسلی زفره بالغ بر ۸۵ کیلومتر است و امتداد آن نسبت به قطعه گسلی کاشان بیشتر به سمت جنوب متمایل است.

قطعه گسلی زفره تقریباً در تمام مسیر خود از میان واحدهای آتشفشانی (به‌طورعمده آندزیتی) ائوسن عبور می‌کند و اثر جابه‌جایی ناشی از فعالیت این قطعه گسلی در رسوبات آبرفتی کواترنری به ندرت مشاهده می‌شود. از این رو، این بخش از گسل قم - زفره را می‌توان به عنوان یک قطعه ساختاری مجزا در نظر گرفت (Keller & Pinter, 2002). شکل ۴ نشانه‌هایی از جابه‌جایی راست‌بر در طول قطعه گسلی زفره در تراورتن‌های کواترنر جنوب‌خاور ایبازان را نشان می‌دهد. از آن‌جا که شواهد فعالیت در ادامه شمال باختری قطعه گسلی زفره (یعنی قطعه‌های گسلی کاشان و راوند) و ادامه جنوب‌خاوری آن (یعنی گسل دهشیر) به اثبات رسیده است (Meyer et al., 2006)، می‌توان چنین نتیجه گرفت که قطعه گسلی زفره به‌عنوان بخشی از یک سامانه فعال که مرز شمال‌خاوری پهنه اورمیه - دختر را مشخص می‌سازد، جنبی است.

### ۶- نتیجه‌گیری

بر پایه مطالعه‌های حاضر، پهنه گسلی قم - زفره در گستره میان زفره تا شمال کاشان، سبب به‌هم‌ریختگی عوارض ریخت‌شناختی (جابه‌جایی رودخانه‌ها و بادزن‌های آبرفتی) شده و آثار حرکت‌های جوان خود را در قالب جابه‌جایی واحدهای رسوبی جوان برجا گذاشته است. بررسی‌های انجام شده بر جابه‌جایی راستالغز راست‌بر در طول این بخش از پهنه گسلی قم - زفره دلالت دارد. همچنین فراخاست واحدهای رسوبی کواترنری در جنوب‌باختری این پهنه گسلی نشانگر عملکرد فعال این سامانه گسلی و وجود مؤلفه جابه‌جایی معکوس با شیب به سوی باختر، جنوب‌باختر است.

رنگ روشن آن بر روی عکس‌های هوایی به‌خوبی از رنگ تیره حاصل از پوشش هوازده گراولی متمایز است (شکل ۲a). مواد حاصل از فرسایش این واحد (که با توجه به موقعیت ریخت‌شناختی آن باید به کواترنری پسین و یا هولوسن تعلق داشته باشد) دشت آبرفتی واقع در خاور این قطعه گسلی را پوشانده است. از ویژگی‌های مهم این جوان‌ترین افراز گسلی، با ارتفاع حدود ۱/۵ متر، آن است که مظهر بسیاری از قنات‌های منطقه که از پای ارتفاعات باختر منطقه به سوی خاور گسترش یافته‌اند را در خود جای داده است. در راستای این افراز گسلی و شاخه‌های موازی آن، آبراهه‌ها به گونه‌ای منظم و به صورت راست‌بر جابه‌جا شده‌اند (شکل ۲c). دست کم میزان جابه‌جایی راست‌بر اندازه‌گیری شده در طول جوان‌ترین افراز گسلی به حدود ۳/۵ متر می‌رسد که احتمال می‌رود با رخداد زمین‌لرزه تاریخی ۱۷۷۸ میلادی کاشان مرتبط باشد. پایانه جنوب‌خاوری قطعه گسلی راوند در محدوده باختر فین، مرز میان نهشته‌های آبرفتی فرایش یافته و دشت کاشان را تشکیل می‌دهد. در راستای این دومین افراز گسلی، با ارتفاع حدود ۱۲ تا ۱۵ متر، رسوبات آبرفتی درشت دانه خاکستری رنگ (از سوی باختر، جنوب‌باختر) بر روی نهشته‌های ریزدانه قهوه‌ای رنگ (واقع در سوی شمال‌خاور) رانده شده است. شیب این قطعه گسلی، زیاد (حدود ۸۰-۷۰ درجه) و به طرف باختر است (شکل ۲e,d).

### ۵-۲- قطعه گسلی کاشان

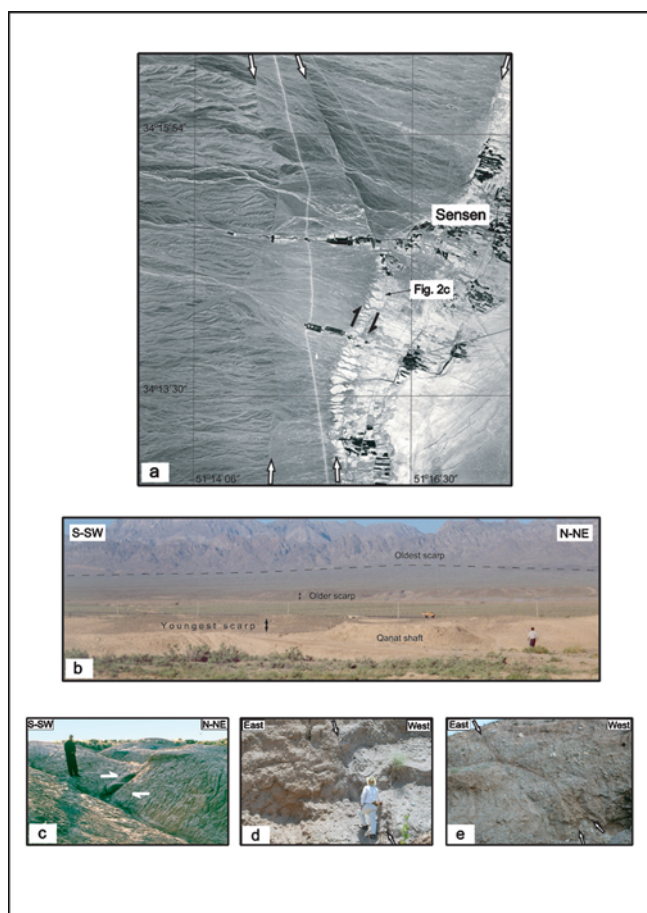
بررسی نگاره‌های ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی گستره فین نشان دهنده آن است که انتهای جنوبی قطعه گسلی راوند با ایجاد یک پله راست دست (که در نتیجه جابه‌جایی در طول یک گسل راست‌بر ایجاد شده) به سمت کوهستان مهاجرت کرده است. این مرز ساختاری و تفاوت در راستای عمومی قطعه گسلی راوند (شمال، شمال‌باختر- جنوب، جنوب‌خاور) با قطعه گسلی کاشان (شمال‌باختر - جنوب‌خاور) از عوامل اصلی تفکیک این دو قطعه گسلی از یکدیگر است. به این ترتیب این بخش از پهنه گسلی قم - زفره (حد فاصل فین تا نظنز)، در مطالعات حاضر با نام قطعه گسلی کاشان معرفی شده است. درازای قطعه گسلی کاشان حدود ۸۰ کیلومتر برآورد می‌شود. در راستای این قطعه گسلی آبراهه‌ها به صورت راست‌بر جابه‌جا شده‌اند که نمونه‌های بسیار جالب از این جابه‌جایی‌های منظم راست‌بر در شکل ۳ ارائه شده است. یکی از بارزترین عوارض ریخت‌شناختی در طول قطعه گسلی کاشان جابه‌جایی افقی منظم آبراهه‌ها و بادزن آبرفتی در مجاورت روستای گبرآباد است (شکل ۳). میزان جابه‌جایی راست‌بر اندازه‌گیری شده در عرض این بادزن حدود ۶۰۰ متر برآورد می‌شود. از آنجا که لایه‌های آبرفتی تشکیل دهنده این بادزن متحمل کج شدگی زیادی نشده‌اند، می‌توان پیشینه سن آن را کواترنری میانی در نظر گرفت. با در نظر گرفتن این فرض می‌توان آهنگ



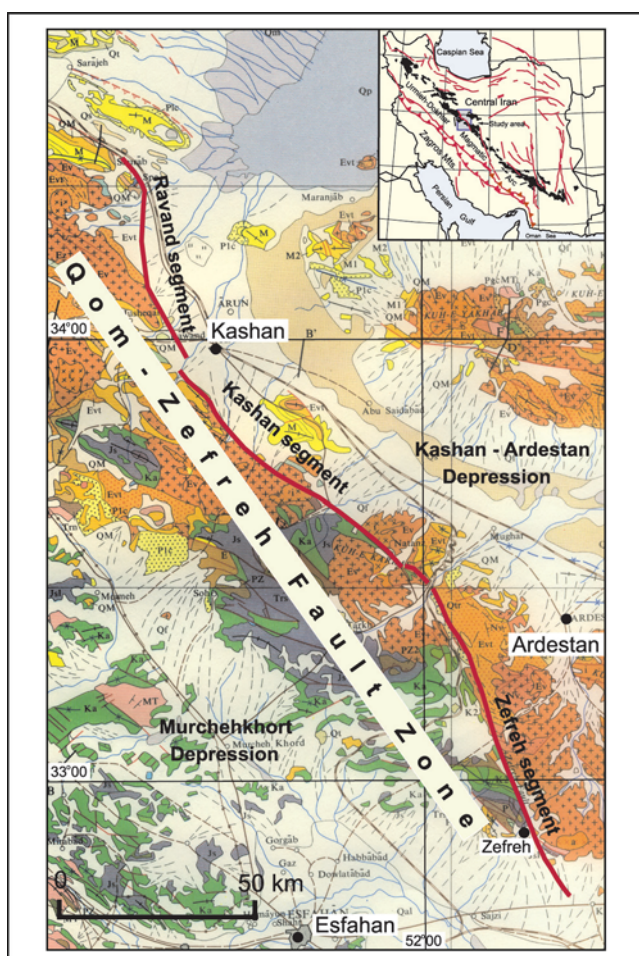
## ۷- سپاسگزاری

از مساعدت‌های مسئولان سازمان زمین‌شناسی کشور، در پوشش مطالعات لرزه‌زمین‌ساخت و برآورد خطر زمین‌لرزه چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشان، سپاسگزاریم. همچنین از داوران محترم که با ارائه نقطه نظرهای ارزنده به بالا بردن کیفیت این مقاله کمک کرده‌اند، تشکر می‌نمایم. مقاله حاضر بخشی از مطالعات در دست انجام رساله دکتری مؤلف اول (فرشاد جمالی)، در پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله است.

به دلیل کمبود داده‌های لرزه‌خیزی مرتبط با پهنه گسلی قم - زفره، در این مطالعه بر مبنای تغییر راستای گسل، شواهد ساختاری و ویژگی‌های ریخت‌شناختی، گسل قم - زفره به سه قطعه راوند، کاشان و زفره به ترتیب با طول‌های حدود ۵۵، ۸۰ و ۸۵ کیلومتر تقسیم شده است. براساس مطالعات انجام گرفته در دیگر نقاط جهان انتظار می‌رود رخداد هر بار زمین‌لرزه در این منطقه با گسیختگی تنها یکی از قطعه‌های معرفی شده همراه شود. انجام مطالعات مشابه در دیگر نقاط ایران می‌تواند مبنای مناسبی برای برآورد درستی خطر زمین‌لرزه در طول گسل‌های جنب باشد.

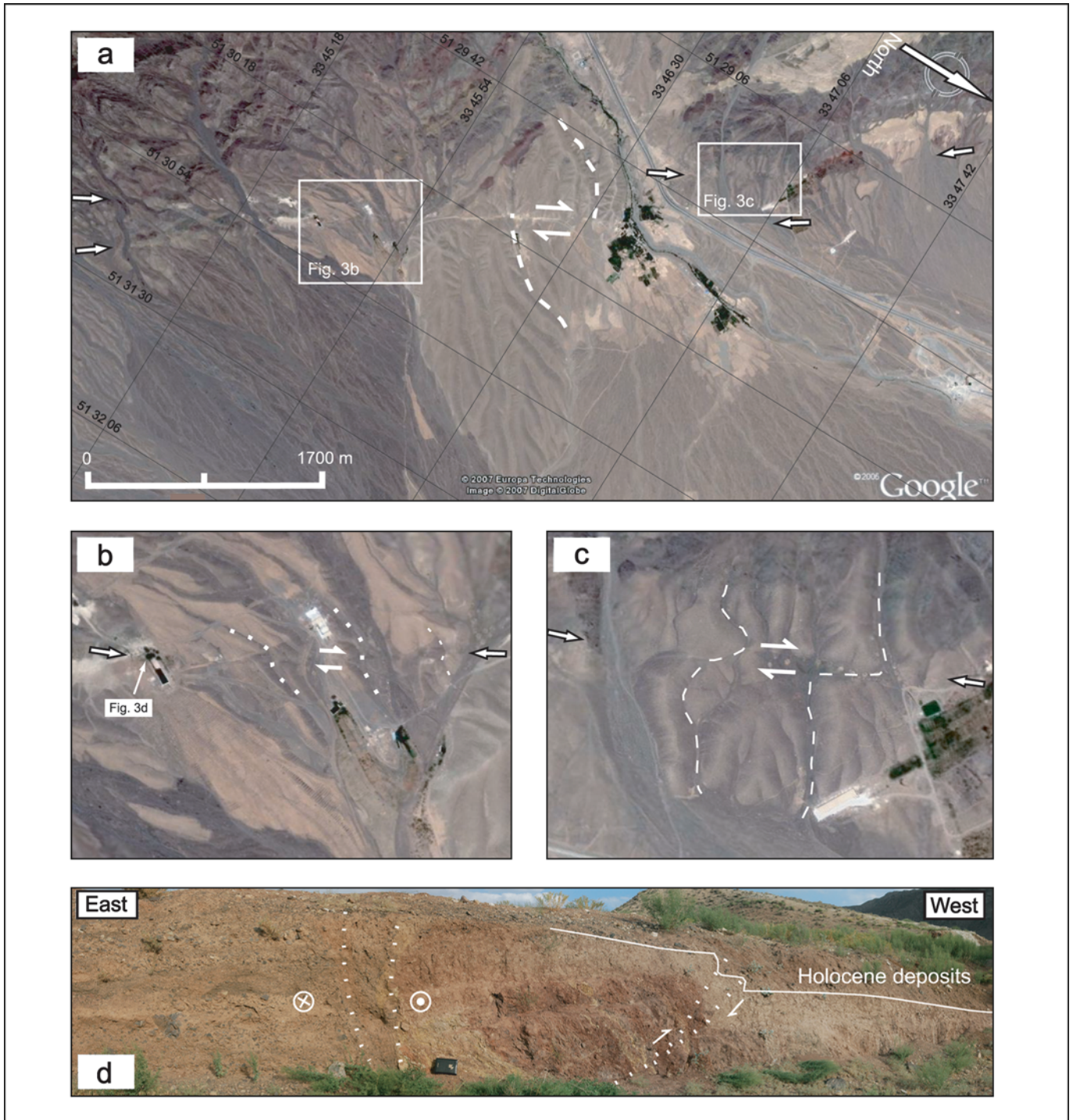


شکل ۲- (a) نگاره هوایی از قطعه گسلی راوند در گستره شمال کاشان. جهت پیکان‌ها مسیر شاخه‌های گسلی را مشخص می‌کند. (b) نمایی از افزایش‌های گسلی شناسایی شده بر روی قطعه گسلی راوند در گستره شمال کاشان. قدیمی‌ترین شاخه گسلی مرز کوه و دشت و جوان‌ترین شاخه حاشیه بادزن آبرفتی را بریده است. (c) به جابه‌جایی راست بر رسوبات در راستای جوان‌ترین افزایش گسلی توجه نمایید. (d, e) گسلش در نهشته‌های جوان آبرفتی در پایانه جنوب خاوری قطعه گسلی راوند. شیب شاخه‌های گسل زیاد و به سوی باختر است.

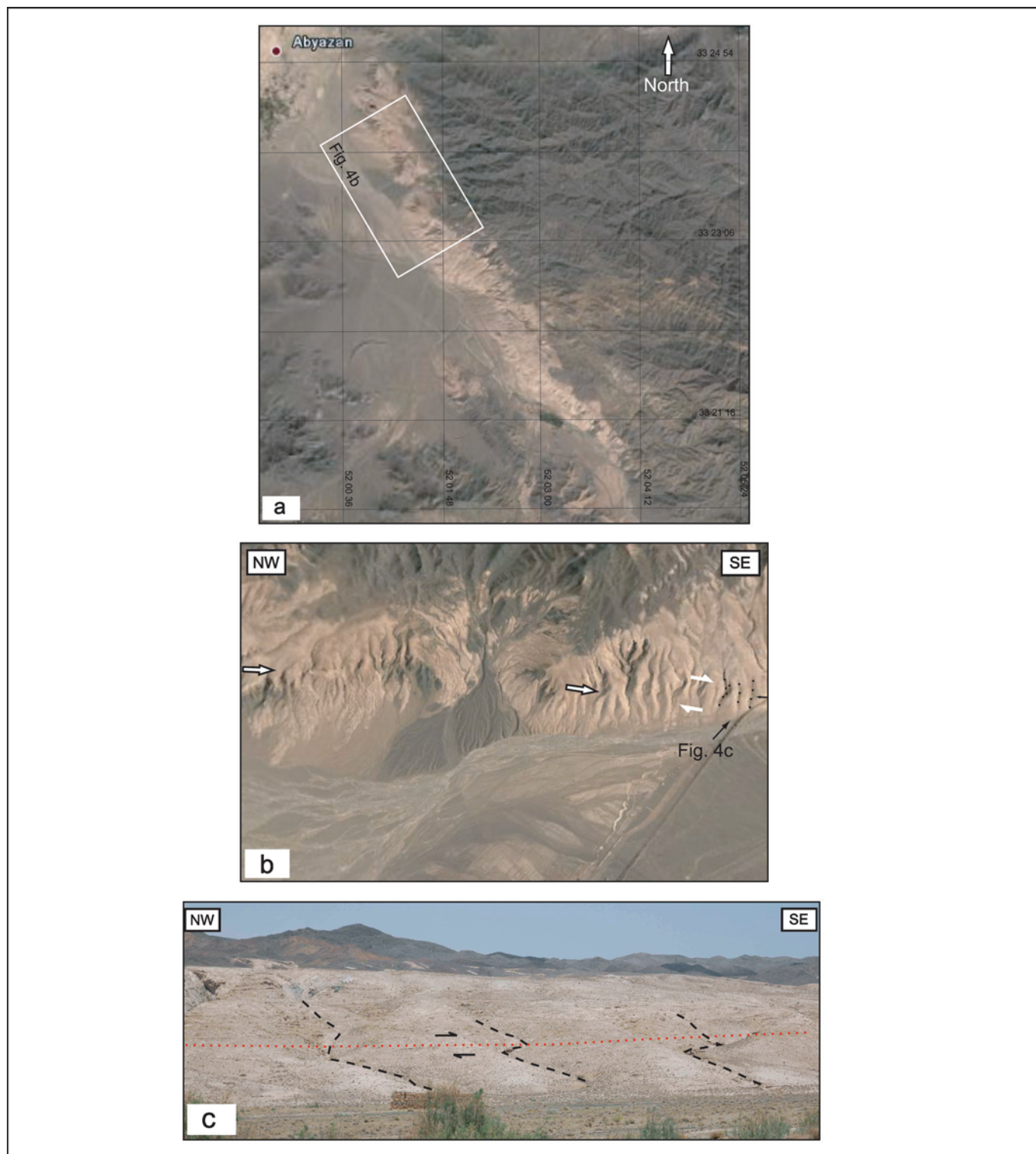


شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی گستره مورد مطالعه (برگرفته از نقشه زمین‌شناسی شرکت ملی نفت ایران، ۱۹۷۷). قطعه‌های گسلی شناسایی شده در طول پهنه گسلی قم-زفره در گستره میان زفره تا شمال کاشان، شامل قطعه راوند، قطعه کاشان و قطعه زفره بر روی این نقشه معرفی شده‌اند. کوه‌های کرکس، فرونشست کاشان-ارdestان در شمال خاور را از فرونشست مورچه خورت در جنوب باختر جدا می‌سازد. همچنین پهنه آتشفشانی اورمیه-دختر بر روی نقشه ایران (گوشه راست بالای نقشه) مشخص شده است.





شکل ۳- (a) نگاره ماهواره‌ای (Google Earth) بخشی از قطع‌ه گسلی کاشان در حوالی روستای گبرآباد. جهت پیکان‌ها راستای قطع‌ه گسلی کاشان در این محدوده را بر روی نگاره نشان می‌دهد. به جابه‌جایی راست بر بادزن آبرفتی (در مرکز عکس) توجه کنید. (b و c) نمای نزدیک‌تر از خم شدگی و جابه‌جایی آبراهه‌ها در نتیجه عملکرد راست بر قطع‌ه گسلی کاشان. (d) برش نهشته‌های بسیار جوان (کوآترنری و هولوسن) توسط شاخه‌های جوان قطع‌ه گسلی کاشان در جنوب خاوری روستای گبرآباد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود شیب گسل‌های رانندگی در این محل به سمت خاور است، یعنی خلاف جهت اصلی شیب گسل معکوس که به سمت باختر است.



شکل ۴- (a) نگاره ماهواره‌ای (Google Earth) بخشی از قطعه گسلی زفره در جنوب روستای ابیازان. همان‌گونه که مشاهده می‌شود این قطعه گسلی در تمام مسیر خود از میان واحدهای آتشفشانی عبور می‌کند (همچنین به شکل ۱ مراجعه کنید). (b) نمای نزدیک‌تر برداشت شده از نگاره (a). (c) نمایی از جابه‌جایی راست بر آبراه‌ها در تراورتن‌های کوتاه‌تری.



## کتابنگاری

- احمدی، ن.، ۱۳۸۱- بررسی ریخت‌زمین‌ساخت و نوزمین‌ساخت در گستره جنوبی شهر کاشان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، پژوهشکده علوم زمین.
- پدرامی، م.، ۱۳۶۰- کوهزایی پاسادین و زمین‌شناسی ۷۰۰ هزار سال گذشته ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور، گزارش داخلی.
- پروهان، ن.، ۱۳۸۰- نگرشی بر گسل قم - زفره، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم.
- جمالی، ف.، حسامی، خ.، و طبسی، ه.، ۱۳۸۵- زمین‌ساخت جنب‌و قطع‌بندی در ناحیه نطنز، ژورنال زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، سال هشتم، شماره دوم.
- علائی، م.، ۱۳۸۱- ژئومرفولوژی ایران، چاپ اول، نشر قومس.
- نبوی، م.، ح.، ۱۳۵۵- دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور.

## References

- Ambraseys, N. N. & Melville, C. P., 1982- A history of Persian earthquakes, Cambridge University press.
- Amidi, S M., 1975- Contribution a letude stratigraphique petrologique et ptochimique des roches magmatiques de la region Natanz-Nain-Surk (Iran Central), 316p, Thesis, Grenoble.
- Berberian, M. & King, G. C. P., 1981- Toward a paleogeography and tectonic evolution of Iran, Can. J. Earth. Sci., 18, 210-265.
- Berberian, M., 1976- Contribution of the seismotectonics of Iran (Part II), Geol. Surv. Iran, Rep. No. 3
- Berberian, M., 1994- Natural hazards and the first earthquake catalogue of Iran. Vol. 1, Historical hazards in Iran prior to 1900, A UNESCO/IIIES publication during UN/IDNDR: International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, Tehran, Iran.
- Jackson, J. A. & McKenzie, D. P., 1984- Active tectonics of the Alpien-Himalayan belt between western Turkey and Pakistan, Geophys. J. R. Astr. Soc. London, 77, 185-264.
- Keller, E. A. & Pinter, N., 2002- Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape, Second Edition, Prentice Hall. 362 P.
- Meyer, B., Mouthereau, F., Lacombe, O. & Agard P., 2006- Evidence of Quaternary activity along the Deshir Fault: implication for the Tertiary tectonics of Central Iran, Geophys. J. Int., 164, 192-201.
- Nadji, M., 1972- Geologie und hydrogeology de gebietes von Kashan/Iran, Geol. Mitt., 11, 275-362.
- National Iranian Oil Company, 1977- Geological map of Iran, north-central Iran. Scale 1:1000,000, Nati. Iran. Oil. Co., Explor. and Prod., Tehran, Iran.
- Nilforoushan, F., Vernant, P., Masson, F., Vigny, C., Martinod, J., Abbassi, M., Nankali, H., Hatzfeld, D., Bayer, R., Tavakoli, F., Ashtiani, A., Doerflinger, E., Daignières, M., Collard, P. and Chéry, J., 2003- GPS network monitors the Arabia-Eurasia collision deformation in Iran, Journal of Geodesy, 77, 411-422.
- Vernant, P., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D., Abassi, M., Vigny, C., Masson, F., Nankali, H., Martinod, J., Ghafory-Ashtiany, M., Bayer, R., Tavakoli, F. & Chéry, J., 2004- Present-day crustal deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman, Geophys. J. Int., 157, 381 – 398.