



فصلنامه زمین ساخت
زمستان ۱۳۹۴، سال اول، شماره ۴

شناسایی گسل‌های عرضی - برشی زیر سطحی و تحلیل اثر دگرریختی‌های آن‌ها در باختر خرم آباد در زاگرس چین خورده - رانده

سمیه دریکوند^۱، علی یساقی^۲، محمد مهدی فرهپور^{۳*}

۱. استادیار گروه زمین شناسی دانشگاه لرستان، derikvand_sss@yahoo.com

۲. دانشیار گروه زمین شناسی دانشگاه تربیت مدرس، yassaghi@modares.ac.ir

۳. استادیار گروه زمین شناسی دانشگاه لرستان، farahpour.m@lu.ac.ir

چکیده

یکی از راه‌های شناخت خطواره‌های عرضی - برشی به دلیل عدم رخنمون در سطح زمین، استفاده از تغییر شکل‌های ایجاد شده در پوشش رسوبی می‌باشد. شناسایی این تغییر شکل‌ها در مقیاس تصاویر ماهواره‌ای امری متداول است، لیکن در مقیاس رخنمون نیاز به شناسایی و تحلیل دقیق شواهد ساختاری دارد. در این مطالعه وجود پنج خطواره در باختر خرم آباد واقع در زاگرس چین خورده - رانده محرز گشت. موقعیت و سازوکار این خطواره‌ها بر اساس تصاویر ماهواره‌ای، تغییر شکل‌های بزرگ مقیاس صورت گرفته توسط آنها (ایجاد تغییر در روند رودخانه‌ها، قطع و جابجایی روند گسل خرم آباد و خمش اثر محوری چین‌ها) و تغییر شکل‌های جزئی تر در ساختارهای منطقه (پیدایش ساختار دوپلکس امتدادی، تغییر در موقعیت و ساز و کار برخی از گسل‌های رانده‌گی و تغییر موقعیت سطح محوری و پهلوی شمالی چین) تعیین گردیده است.

واژگان کلیدی: کمربند چین خورده - رانده زاگرس، گسل‌های عرضی - برشی، تصاویر

ماهواره‌ای، خرم آباد.

۱- مقدمه:

گسل‌های عرضی-برشی از جمله ساختارهای مهمی هستند که در اغلب کمربندهای کوهزایی مانند زاگرس شکل گرفته و همراه با توسعه و تکامل خود علاوه بر رسوبات، ساختارهای تشکیل شده در این کمربندها را متاثر نموده‌اند (Falcon, 1974; Furst, 1990; Ameen, 1992; Barzegar, 1994; Hessami et al., 2001; Sherkati and Letouzey, 2004). بنابراین یکی از مسائل موجود در زاگرس وجود تغییرشکل‌ها بر روی پوشش رسوبی فانروزوئیک و عدم ارتباط برخی از آنها با گسل‌های اصلی همروند با رشته جبال است (Sherkati et al., 2005). از جمله ساختارهایی که بر ساختارهای اصلی زاگرس با روند NW-SE چنین تاثیری داشته اند گسل‌هایی هستند که بطور غیر همروند با روند عمومی ساختارهای زاگرس می‌باشند و گسل‌های عرضی-برشی نامیده شده اند. این تغییرشکلها به صورت‌های متنوعی مانند خمش اثر سطح محوری چین‌ها و تشکیل چین‌های جوان و ملایم با روندی متفاوت با روند چین‌های بخش چین خورده-رانده شده زاگرس مشاهده می‌گردند (Authemayou et al., 2006). فقدان گسل سطحی اکثر زلزله‌ها و عدم ارتباط بین سازوکار برخی از آنها با گسل‌های اصلی رشته جبال از دیگر مسائل قابل توجه این بخش از زاگرس می‌باشد؛ لذا به نظر می‌رسد گسل‌های زیر سطحی عرضی-برشی که توسط رسوبات فانروزوئیک پوشانده شده‌اند، مسبب اصلی بروز چنین دگرشکلی‌های پیچیده‌ای باشند. از مهمترین اثرات عملکرد این نوع گسل‌ها که اغلب پی‌سنگی هستند (Falcon, 1974) می‌توان به تغییر ضخامت رسوبات دو سوی این ساختارها (Farzipour, 2010; Bordenave and Hegre, 2010; Saein and Koyi, 2014) و همچنین تغییر جهت و چرخش راستای سایر ساختارها مانند محور چین‌ها اشاره نمود (Authemayou et al., 2006; Emami et al., 2010).

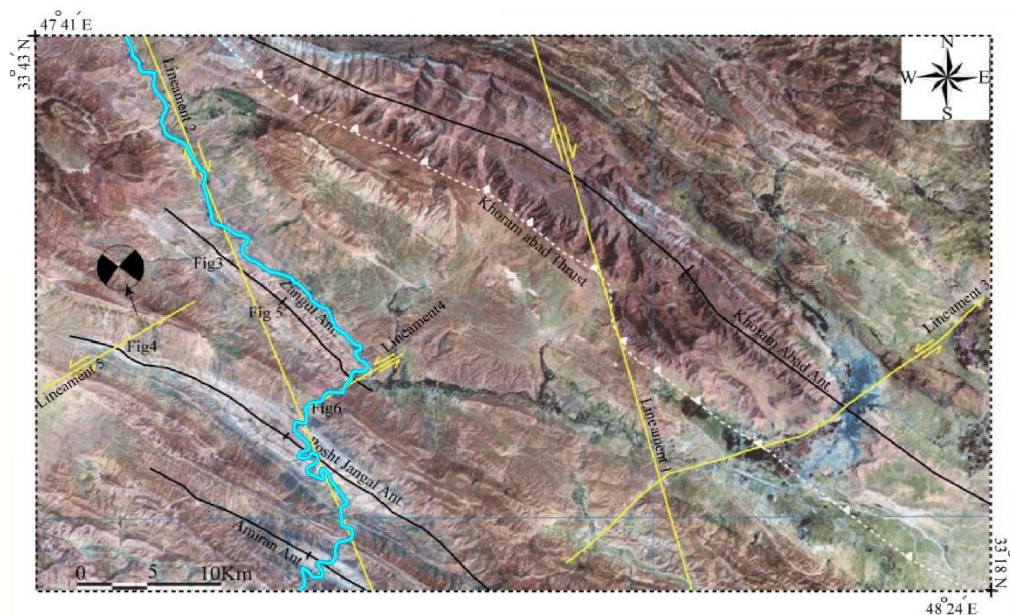
ساختارهای عرضی-برشی معرفی شده در زاگرس که در بالا به آنها اشاره شد، عمدتاً در بخش جنوب خاوری زاگرس قرار داشته و تاکنون با وجود مطالعه ساختارها و وضعیت سازندهای رسوبی منطقه شمال باختری زاگرس، چنین ساختارهایی در این بخش معرفی نشده است (Nogol,

Sadat et al., 1993; Emami et al., 2010; Farzipour-Saein et al., 2009). ناحیه مورد مطالعه در بخش میانی ناحیه لرستان در زاگرس چین خورده-رانده واقع شده است (شکل ۱). بررسی‌های انجام شده بر روی داده‌های لرزه‌ای نشان می‌دهد موقعیت و سازوکار برخی زلزله‌های تاریخی و دستگامی با برخی از پهنه‌های گسلی عرضی-برشی مرتبط هستند. در این پژوهش با بررسی و تحلیل داده‌های دورسنجی، لرزه‌ای و پیمایش‌های ساختاری در باختر خرم آباد، واقع در زاگرس چین خورده-رانده، تعدادی از گسل‌های عرضی-برشی موجود در منطقه مورد مطالعه شناسایی و معرفی گردیده اند.

زمین شناسی منطقه

کمربند کوهزاد زاگرس به عنوان بزرگترین پهنه ساختاری ایران در اثر برخورد ورقه عربستان و فلات ایران در تشریری پسین به صورت رشته کوه بلندی به طول تقریبی ۱۸۰۰ کیلومتر و بر روی حاشیه شمال خاوری سکوی آرام قاره‌ای عربستان تشکیل شده است (Falcon, 1974; Stocklin, 1968). کمربند زاگرس توسط گسل اصلی رانده زاگرس در شمال خود از کمربند سندانج-سیرجان جدا شده است. این کمربند بوسیله گسل زاگرس مرتفع بطور طولی به دو بخش زاگرس مرتفع و زاگرس چین خورده-رانده تقسیم شده (Sherkati and Letouzey, 2004) و توسط گسل عرضی کازرون به دو بخش شمال باختری و جنوب خاوری قابل تقسیم می‌باشد (Farahpour and Hessami, 2012).

کمربند زاگرس از حدود ۱۰ کیلومتر پوشش رسوبی تشکیل شده که تقریباً بوسیله ۲ کیلومتر رسوبات تبخیری سازند هرمز از پی سنگ آذرین-دگرگونی زیرین خود جدا شده اند (Colman-sadd, 1978). این رسوبات را می‌توان به لحاظ شیوه تغییرشکل آنها به دو گروه عمده رسوبات مقاوم و نامقاوم تقسیم نمود (Stocklin, 1968). رسوبات نامقاوم رسوبات تبخیری هستند که بطور کلی در دو افق وجود دارند (سازند هرمز در قاعده توالی رسوبی و سازند گچساران بر روی بالاترین رسوبات آهکی توالی رسوبی ستون چینه‌ای زاگرس). افق‌های نامقاوم فرعی دیگری مانند سازندهای دشتک، گورپی



شکل ۲. تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه با دقت مکانی ۳۰ متر و با ترکیبی از باندهای ۲، ۳ و ۴، موقعیت خطواره‌های عرضی - برشی بر روی تصویر مشخص شده است.

روند تاقدیس زنگول، به سمت شمال باختر تمایل نشان می‌دهد. چرخش سطح محوری و پهلوی خلفی این تاقدیس متأثر از عملکرد راستبر خطواره ۲ در منطقه است (شکل ۲ و ۳). مجموعه‌ای از گسل‌های راستالغز با مؤلفه راستبر نیز در مسیر پیمایش خطواره ۲ برداشت شده‌اند (شکل ۴).

خطواره ۱ علاوه بر ایجاد چرخش در اثر محوری تاقدیس خرم آباد، موجب جابجایی راستبر در روند گسل خرم آباد شده است. خطواره ۲ نیز ضمن ایجاد چرخش اثر محوری تاقدیسهای زنگول، پشت جنگل و امیران، در تعیین مسیر حرکت رودخانه کشکان در شمال تاقدیس زنگول و بخشی از رودخانه سیمره در محدوده تاقدیس پشت جنگل نقش بسزایی ایفا نموده است.

در هسته تاقدیس زنگول، یک تاقدیس نامتقارن وجود دارد که پهلوی پیشانی آن به سمت جنوب باختر شیب دارد، ولی پهلوی خلفی آن بر خلاف



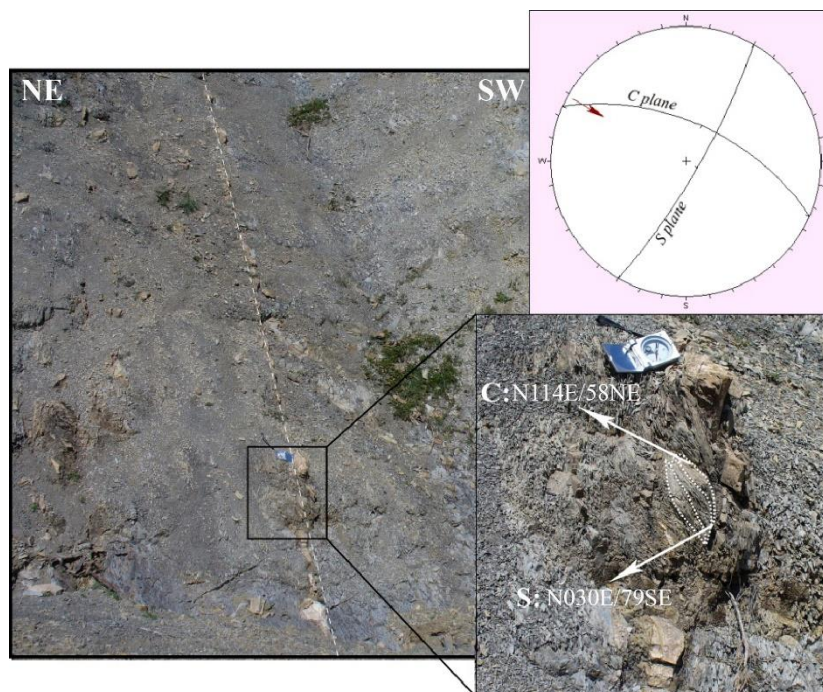
شکل ۳. تاقدیس کوچک موجود در مسیر خطواره ۲ و موقعیت پهلوها.



شکل ۴. تصویری از گسل راست‌الغز با مؤلفه کوچک معکوس در مسیر خطواره ۲.

N030E/79SE و برای صفحه S، N114E/58NE هستند که جهت حرکت را به سمت جنوب خاور نشان می‌دهند.

از ساختارهای دیگری که در مسیر پیمایش خطواره ۲ برداشت گردید، ساختارهای S و C موجود در پهنه برشی هستند که می‌توان ایجاد آن را به عملکرد خطواره ۲ نسبت داد (شکل ۵). مشخصات اندازه‌گیری شده برای صفحه C،



شکل ۵. ساختارهای S و C مشاهده شده در مسیر خطواره ۲.

تاقدیس خرم آباد شده است که در نقشه‌های زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره به وضوح قابل مشاهده می‌باشد. (شکل ۲). خطواره ۴ نیز علاوه بر تغییر ناگهانی مسیر رودخانه کشکان،

خطواره ۳ با روند شمال خاور- جنوب باختر، دارای ساز و کار چپبر می‌باشد که موجب تغییر ناگهانی مسیر رودخانه خرم آباد و فرسایش لایه‌های موجود در قسمت میانی

راستای NNE-SSW دارد، با توجه به موقعیت آن که در شکل (۲) نشان داده شده، این زلزله را می توان به خطواره ۵ نسبت داد. حل سازوکار زمین لرزه نیز بیانگر عملکرد یک گسل راستالغز چپبر می باشد. عمقی که برای این زلزله ثبت شده حدود ۱۵ کیلومتر می باشد (سایت سازمان زمین شناسی آمریکا http://neic.usgs.gov/neic/epic_rect.html).

موجب چرخش قسمت جنوب غربی اثر سطح محوری تاقدیس زنگول شده است، همچنین ساختار دوپلکس امتداد لغز در راستای این خطواره برداشت شده است (شکل ۶). براساس داده های لرزه ای گرفته شده از سایت هاروارد، زمین لرزه ای در تاریخ ۱۹۸۷/۵/۲۹ با بزرگی ۴/۵ تا ۵/۳ ریشتر در منطقه رخ داده است و بیان از صفحه گسل با



شکل ۶. تصویری از ساختار دوپلکس امتدادی در مسیر خطواره ۴.

بحث

آن و همچنین بریدگی و خمش در راستای محور ساختارهای شمال باختری - جنوب خاوری زاگرس عمدتاً بر اثر فعالیت گسل های عرضی شمال خاوری - جنوب باختری زاگرس ایجاد شده اند (برای نمونه Authemayou et al., 2006; Bordenave and Hegre, 2010).

در عهد حاضر، تداوم حرکت ورقه عربستان به سمت ایران مرکزی همچنان عامل اصلی رخداد های لرزه ای بر اثر فعالیت پهنه های عرضی برشی در زاگرس و منطقه مورد مطالعه است (Talebian and Jackson, 2004).

به نظر می رسد که با توجه به ادامه حرکت ورقه عربستان به سمت ایران مرکزی، احتمال فعالیت مجدد این خطواره ها و رخداد زلزله های آتی ناشی از فعالیت آنها وجود خواهد داشت. کمربند چین خورده - رانده زاگرس از جمله مناطق فعال لرزه ای در فلات ایران می باشد که با توجه به داده های تاریخی و دستگامی این زلزله ها عموماً دارای بزرگی متوسط با عمق ۸ تا ۳۲ کیلومتر و عمدتاً فاقد گسلش سطحی هستند. شواهد نوزمین ساختی همچون الگوی

کمربند زاگرس واقع در باختر و جنوب باختر ایران بخشی از ورقه عربستان می باشد که در حاشیه شمال خاوری آن قرار گرفته است (Stocklin, 1968). در ورقه عربستان تحت تاثیر فازهای کوهزایی رخ داده در انتهای پرکامبرین و پالئوزوئیک؛ شکستگی های پی سنگی در راستاهای شمال باختری - جنوب خاوری، شمالی - جنوبی و شمال خاوری - جنوب باختری ایجاد شده است (Bahroudi et al., 2004). این شکستگی ها بصورت خطواره در سرتاسر ورقه عربستان از جمله زاگرس شکل گرفته اند (Hessami et al., 2001). به این ترتیب خطواره ها در مراحل مختلف تکامل زاگرس از زمان شکل گیری نئوتتیس تا به امروز بر روند تکامل زاگرس تاثیر گذار بوده اند. باز شدن و گسترش نئوتتیس و سپس بسته شدن و کوتاه شدگی زاگرس در راستای گسل های شمال باختری - جنوب خاوری زاگرس رخ داده است (Jackson, 1980). ناهمواری موجود در کف حوضه رسوبی زاگرس و به تبع آن تفاوت رخساره و ضخامت سازندهای ستون چینه شناسی زاگرس در بخش های مختلف

چینها و یا جابجایی راستبر عملکرد راستبر نشان می‌دهند و موازی با روند ساختارهای کلی زاگرس می‌باشند. ۲- گسل‌های عرضی- برشی چپبر با روند NE-SW که بر مبنای هندسه خمیدگی چپبر محور چین‌ها و یا جابجایی چپبر ساختارها شناسایی گردیده‌اند.

چین‌های بزرگ از ساختارهای اصلی کمربند چین خورده- رانده زاگرس هستند و به عنوان یکی از بارزترین ساختارهای کمربند‌های چین خورده و محل تشکیل مخازن هیدروکربوری می‌باشند. این ساختارها در تصاویر ماهواره ای منطقه مورد مطالعه به خوبی قابل شناسایی هستند. روند اثر محوری این چین‌ها در کمربند چین خورده- رانده زاگرس یکنواخت نیست و آنها در محل پهنه‌های عرضی- برشی تغییر می‌کند. عملکرد این پهنه‌های راستالغز که روند اصلی زاگرس را قطع می‌کنند موجب پیچیدگی‌های ساختاری در منطقه شده است.

مستقیم آبراهه‌ای، وجود پرتگاه‌های گسلی، وجود اثر خطی خطواره‌های زیر سطحی در نهشته‌های آبرفتی بر روی تصاویر ماهواره‌ای، حاکی از احتمال فعال بودن خطواره‌های عرضی- برشی شناسایی شده است. با تطابق بین ساختارهای شناسایی شده در محدوده خطواره‌های عرضی- برشی و موقعیت و سازوکار زلزله‌های تاریخی و دستگاهی ثبت شده در این محدوده، احتمال فعال بودن این پهنه تقویت می‌شود.

بررسی و تحلیل داده‌های دورسنجی و برداشت‌های دقیق ساختاری نشان داد که نحوه پراکندگی و الگوی ساختارهای فرعی بر روی پوشش رسوبی در پهنه زاگرس چین خورده- رانده، به گونه‌ای است که موجب شناسایی ۵ خطواره گسلی عرضی- برشی ناشی خطواره‌های زیر سطحی گردید که با توجه به روند و عملکرد آنها، در دو دسته کلی قرار می‌گیرند: ۱- گسل‌های عرضی- برشی با روند NW-SE بر مبنای هندسی خمیدگی راستبر محور

نتیجه گیری:

عرضی- برشی، در باختر خرم آباد، واقع در ناحیه لرستان انجام گردید. خطواره ۱ و ۲ با روند شمال باختری- جنوب خاوری دارای جدایش راستبر بوده و توسعه بیشتری نسبت به خطواره‌های ۳، ۴ و ۵ با روند شمال خاوری- جنوب باختری و جدایش چپبر دارند.

ساختارهای اصلی زاگرس به صورت عرضی توسط مجموعه‌ای از گسل‌های زیر سطحی قطع می‌گردند. با بررسی و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای لندست (سنجنده ETM)، داده‌های لرزه‌ای و بر مبنای هندسه خمیدگی ساختاری در چین‌های بخش چین خورده- رانده شده و ساختارهای برداشت شده در منطقه مورد مطالعه، شناسایی گسل‌های

منابع:

and accumulation in northern Iraq. AAPG Bulletin 76, 356-370.
Authemayou, C., Chardon, D., Bellier, O., Malekzadeh, Z., Shabaniyan, E., Abbassi, M. R., 2006. Late Cenozoic partitioning of oblique plate convergence in the Zagros fold-and-thrust belt (Iran). Tectonics 25, TC3002. <http://dx.doi.org/10.1029/2005TC001860>.
Bahroudi, A., Koyi, H., 2004. Tectono-sedimentary framework of the Gachsaran Formation in the Zagros foreland basin. Marine and Petroleum Geology 10, 1295-1310.
Barzegar F., 1994. Basement fault mapping of E. Zagros folded belt (S.W. Iran) based on space-born remotely sensed data. Proceeding

سایت سازمان زمین شناسی امریکا (http://neic.usgs.gov/neic/epic_rect.html).
سایت (http://www.isc.ac.uk/cgi-bin/agency-get?agency=ZUR_RMT)
سایت (<http://www.isc.ac.uk/cgi-bin/agency-get?agency=HRVD>)
مهشاد نیاف، ۱۳۸۱. استفاده از رهیافت دورسنجی در شناسایی گسل‌های زیر سطحی و سبک دگرریختی‌های آنها در جنوب شرق زاگرس. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
Ameen M. S., 1992. Effect of basement tectonic on hydrocarbon generation, migration

- Hessami, k., Koyi, H. A., Talbot, C. J., 2001. The Significance of Strike-Slip Faulting in the Basement of the Zagros Fold and Thrust Belt. *Journal of Petroleum Geology* 24, 5-28.
- Jackson, J. A., 1980. Reactivation of basement faults and crustal shortening in orogenic belts. 343-346.
- Nogol-e-Sadat, M. A., Ahmadzadeh Heravi, M., Almasian, M., Poshtkouhi, M., Hushmandzadeh, A., 1993. Tectonic Map of Iran. Scale 1:1000000 Geological Survey of Iran.
- Stoklin, J., 1968. Structural History and Tectonics of Iran. 52, 1229-1258
- Sepehr, M., Cosgrove, J. W., 2005. Role of the Kazerun Fault Zone in the formation and deformation of the Zagros Fold-Thrust Belt, Iran. *Tectonics* 24, 5.
- Sepehr, M., Cosgrove, J., Moieni, M., 2006. The impact of cover rock rheology on the style of folding in the Zagros fold-thrust belt. *Tectonophysics* 427, 265-281.
- Sharland, P. R., Archer, R., Casey, D. M., Davies, R. B., Hall, S. H., Heward, A. P., Horbury, A. D., Simmons, M. D., 2001. Arabian Plate Sequence Stratigraphy. *GeoArabia Special Publication* 2, 371 p.
- Sherkati, S., Letouzey, J., 2004. Variation of structural style and basin evolution in the central Zagros (Izeh zone and Dezful embayment), Iran. *Marine and petroleum geology* 21, 535-554.
- Sherkati, S., Letouzey, J., De Lamotte, D. F., 2006. Central Zagros fold-thrust belt (Iran): new insights from seismic data, field observation, and sandbox modelling. *Tectonics* 25, TC4007.
- Sherkati, S., Molinaro, M., Frizon de Lamotte, D., Letouzey, J., 2005. Detachment folding in the central and eastern Zagros fold-belt (Iran): salt mobility, multiple detachment and final basement control. *Journal of Structural Geology* 27, 1680-1696.
- Talebian, M., Jackson, J., 2004. A reappraisal of earthquake focal mechanisms and active shortening in the Zagros mountains of Iran. *Geophysical Journal International* 156, 506-526.
- Vita-Finzi, C., 2001. Neotectonics at the Arabian plate margins. *Journal of Structural Geology* 23, 521-530.
- of The 10th Thematic Conference On Geologic Remote Sensing: Exploration, Environment and Engineering. San Antonio, Texas 455-466.
- Berberian, M., 1995. Master "blind" thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics. *Tectonophysics* 3, 193-224.
- Bordenave, M. L., and Hegre, J. A., 2010. Current distribution of oil and gas fields in the Zagros Fold Belt of Iran and contiguous offshore as the result of the petroleum systems. Geological Society, London, Special Publications 1, 291-353.
- Colman-Sadd S. P., 1978. Fold development in Zagros simply folded belt, Southwest Iran. *AAPG Bulletin* 62, 984-1003.
- Emami, H., Vergés, J., Nalpas, T., Gillespie, P., Sharp, I., Karpuz, R., Blanc, E. P., Goodarzi, M. G.
- H., 2010. Structure of the Mountain Front Flexure along the Anaran anticline in the Pusht-e Kuh Arc (NW Zagros, Iran): insights from sandbox models. Geological Society, London, Special Publications 330, 155-178.
- Falcon N. L., 1969. Problems of the relationship between surface structure and deep displacements illustrated by the Zagros range. In: Kent P., Satterthwaite G., Spencer A. (eds), *Time and Place Orogeny*. Geological Society of London 3, 9-22.
- Falcon, N. L., 1974. Southern Iran: Zagros Mountains. In: Spencer, A.M. (Ed.), *Mesozoic–Cenozoic Orogenic Belts, Data for Orogenic Studies*. Geological Society of London, Special Publication 4, 199-211.
- Farahpour, M. M., Hessami, Kh., 2012. Cretaceous sequence of deformation in the SE Zagros fold-thrust belt. *Journal of the Geological Society* 169, 733-743.
- Farzipour-Saein, A., Yassaghi, A., Sherkati, S., Koyi, H., 2009. Basin evolution of the Lurestan region in the Zagros fold-and-thrust belt, Iran. *Journal of Petroleum Geology* 32, 5-19.
- Farzipour-Saein, A., Koyi, H., 2014. Effect of lateral thickness variation of an intermediate decollement on the propagation of deformation front in the Lurestan and Izeh zones of the Zagros fold-thrust belt, insights from analogue modeling. *Journal of Structural Geology* 65, 17-32.
- Fürst, M., 1990. Strike-slip faults and diapirism of the South-Eastern Zagros ranges. *Proc. Symp. Diap. Bander Abbas, Hormozgan, Iran* 2, 149-181