

بررسی هندسی و کینماتیکی شکستگی های محدوده تاقدیس دارا، فرو افتادگی دزفول جنوبی

سعید محمدی اصل

کارشناس ارشد تکتونیک، گروه زمین شناسی، دانشگاه اصفهان

علی فرضی پور صائین

استادیار گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان

همایون صفایی

دانشیار گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان،

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۲

asaein@gmail.com

چکیده

سازند آسماری به عنوان سنگ مخزن تقریباً سه چهارم نفت اکتشاف شده در جنوب غرب ایران، کمربند چین خوردگی زاگرس دارای اهمیت می باشد. کیفیت مخازن آسماری غالباً تحت تاثیر سیستم شکستگی ها می باشد. در این مطالعه به منظور بررسی الگوی شکستگی ها در مخازن آسماری، تاقدیس دارا در فرو افتادگی دزفول جنوبی که دارای رخنمون وسیعی از سازند آسماری می باشد، مورد بررسی قرار گرفته است. طی مطالعات دورسنجی شکستگی های مرتبط با تاقدیس دارا و گسل های مجاور آن از جمله قطعه گسلی کماریج (بخشی از گسل کازرون) شناسایی شدند، بر این اساس در تاقدیس دارا، دسته شکستگی A با جهت گیری $150^{\circ}-140^{\circ}$ AZ (به عنوان دسته شکستگی طولی)، دسته شکستگی B با جهت گیری $60^{\circ}-40^{\circ}$ AZ (به عنوان دسته شکستگی عرضی) و دسته شکستگی C و D که به ترتیب دارای جهت گیری های $10^{\circ}-0^{\circ}$ AZ و $90^{\circ}-80^{\circ}$ AZ (به عنوان دسته شکستگی های مزدوج) شناسایی گردیدند. همچنین در این پژوهش شکستگی های مرتبط با قطعه گسل کماریج که شامل مولفه های P, T, R, \dot{R} هستند، شناسایی شدند. شدت و چگالی شکستگی های ساختاری تاقدیس دارا، در یال شمال شرقی و ناحیه لولایی نسبت به یال جنوب غربی بیشتر می باشد که علت چنین امری حضور گسلی با روند $N35W$ در یال شمال شرقی این تاقدیس می باشد، همچنین علت افزایش شدت و چگالی شکستگی در ناحیه لولایی به دلیل بیشتر بودن میزان خمش در ناحیه لولایی است، که باعث افزایش این دو پارامتر در این ناحیه از تاقدیس شده است. بررسی طول شکستگی ها در بخش های مختلف تاقدیس دارا نشان می دهد که فراوانی شکستگی ها به صورت نمایی با افزایش طول شکستگی ها کاهش می یابد. تعیین الگوی هندسی - کینماتیکی شکستگی ها و نیز الگوی توزیع و پراکندگی شکستگی ها در اکتشاف و استخراج منابع هیدروکربوری مخزن آسماری در محدوده مورد مطالعه و سایر بخش های زاگرس بسیار کلیدی و حائز اهمیت می باشد.

کلمات کلیدی: تاقدیس دارا، شکستگی، فرو افتادگی دزفول، کمربند چین خورده زاگرس، دورسنجی.

مقدمه

به حضور گسترده و فراوان نفت در مخزن آسماری که تقریباً سه چهارم نفت جنوب غرب ایران را شامل می گردد (مطیعی، ۱۳۷۴)، مطالعه این مخزن بسیار مهم است. کیفیت مخزن آسماری غالباً به دلیل وجود سیستم شکستگی های توسعه یافته می باشد (مطیعی، ۱۳۷۴؛ سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۲)، در این مطالعه ویژگی های آماری، هندسی و مورفولوژیکی شکستگی های سازند آسماری در تاقدیس دارا مورد بررسی قرار می گیرد. تاقدیس دارا در کمربند چین خورده زاگرس و در فروبار دزفول جنوبی واقع است (شکل ۱). تاقدیس دارا همانند سایر تاقدیس های زاگرس دارای روند شمال غرب - جنوب شرق می باشد، تاقدیس دارا دارای ابعاد ۲۵ کیلومتر طول و ۴،۵ - ۳ کیلومتر عرض و با رخنمون سازند آسماری در هسته تاقدیس همراه است (شکل ۲). امروزه برای بررسی چنین موضوعاتی تنها به یافته های صحرایی اکتفا نمی گردد، و از تکنیک های متعددی برای پردازش داده های ماهواره ای (سنجش از دور) جهت شناسایی و رسم نقشه شکستگی ها استفاده می شود. هدف از این مطالعه، شناسایی شکستگی ها و بررسی ساختاری - مورفولوژیکی می باشد.

تحلیل هندسی و جنبشی شکستگی ها در کمربند های چین خورده - رانده یکی از موارد اصلی و ضروری در مطالعات اکتشافی و نیز پروژه های تولید و توسعه میادین نفتی می باشد. شکستگی ها فراوانترین ساختار روی زمین بوده (Bourne et al., 2000) و محل تجمع و انتقال نفت و گاز در تله های هیدروکربوری می باشند (Abdollahi Fard et al., 2006). با توجه به اهمیتی که شکستگی ها در مهاجرت و تراوایی مخازن دارند، می بایست مطالعات دقیقی برای تعیین الگوی شکستگی های مناطق مختلف و نیز تعیین مکان های مناسب برای احداث چاه نفت جدید انجام شود (ظهرا ب زاده، ۱۳۸۸ و قنادیان و همکاران، ۱۳۹۰) که از این طریق کمک شایانی به شرکت های نفتی جهت استخراج مواد هیدروکربوری می شود. برخی مخازن هیدروکربوری دارای تخلخل پایین، راندمان پایینی دارند ولی به دلیل انتقال سیالات به چاه توسط شکستگی های طبیعی، تولید مطلوبی دارند. لذا در مخازن با تولید اندک که تراوایی، توسط شکستگی ها و گسل ها کنترل می شود، دانستن توزیع فضایی گسل ها و شکستگی ها بسیار مهم است (ظهرا ب زاده، ۱۳۸۸). با توجه

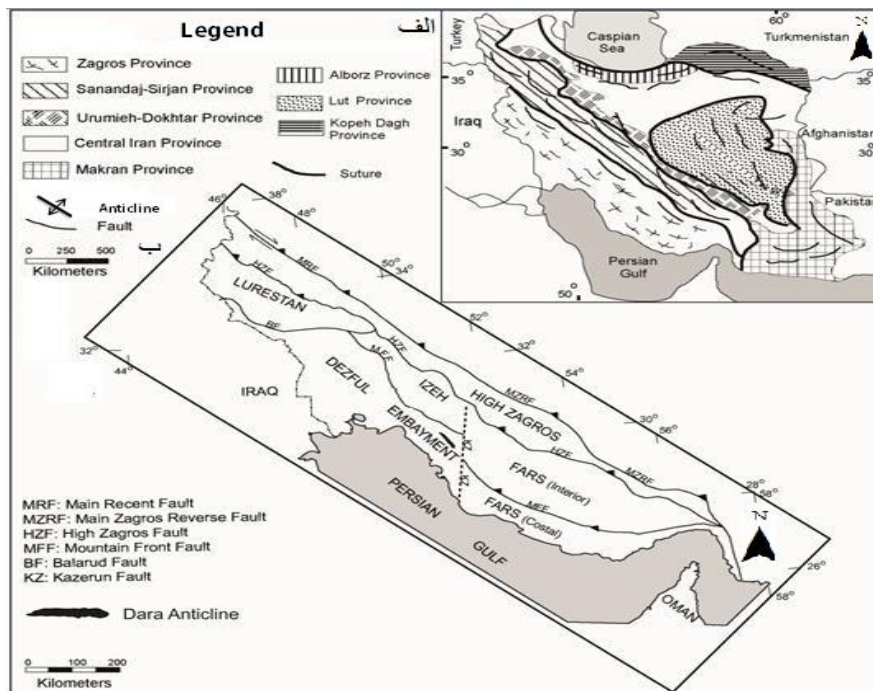
زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

کمر بند کوهزایی زاگرس ایران بخشی از سیستم کوهزایی آلپ - هیمالیا است، که از شمال غرب تا جنوب شرق ایران و تا حدود تنگه هرمز گسترش دارد (Sherkati and Letouzey., 2004). نوار زاگرس با وسعتی حدود ۲۰۰۰ کیلومتر از جنوب شرقی ترکیه، شمال سوریه و عراق تا بخش‌های جنوب شرقی ایران گسترش یافته است، این کمر بند در اثر بسته شدن اقیانوس تیتیس جوان و برخورد ورقه عربی با اوراسیا ایجاد شده است (Talbot and Alavi, 1996). این برخورد در زمان میو پلیوسن به وقوع پیوست (Berberian and King, 1981). مرز شمال غربی کوهزایی زاگرس بر بخش شرقی گسل لغزشی آناتولی که در جنوب شرق ترکیه واقع است منطبق می‌باشد (Alavi, 2004). مرز جنوب شرقی کوهزایی زاگرس، خطواره عمان است که به صورت یک گسل از باز شدگی تیتیس جوان به جای مانده است (Alavi, 2004) ستون چینه شناسی زاگرس ۱۲ کیلومتر تخمین زده شده است (James and Wynd, 1965; Falcon, 1974). این ستون چینه شناسی شامل رسوبات پیش خشکی سنوزوییک که در زیر آنها رسوبات حاشیه پلتفرمی عربستان به سن پالئوزوییک تا مزوزوییک می‌باشد، این ستون سنگی از لحاظ سنی در محدوده کامبرین تا پلیوکواترن قرار دارد (متقی و یساقی، ۱۳۹۱). رسوبات دوران سوم از لحاظ رخساره‌ای بسیار متنوع بوده و از رسوبات عمیق (سازند پابده) تا رسوبات کربناته دریایی کم عمق سازند آسماری در طی سنوزوییک پایینی ته نشین شده است. در طی زمان میوسن - پلیوسن سازند تیخیری گچساران و رسوبات مارنی دلتای سازند میشان و سازند شیل و ماسه سنگی آغاچاری ته نشین شده است. در طی پلیوسن رسوبات کنگلومرای رودخانه‌ای به نام سازند بختیاری ته نشین

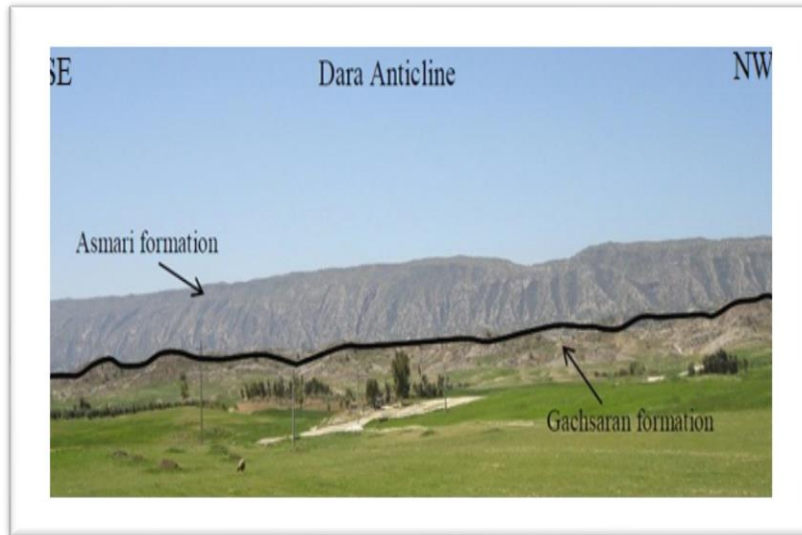
شده است (آقابیاتی، ۱۳۸۵). در منطقه مورد مطالعه سازند آسماری که در هسته تاقدیس دارا واقع است، به ترتیب توسط سازندهای گچساران، میشان و آغاچاری پوشیده شده است.

روش کار

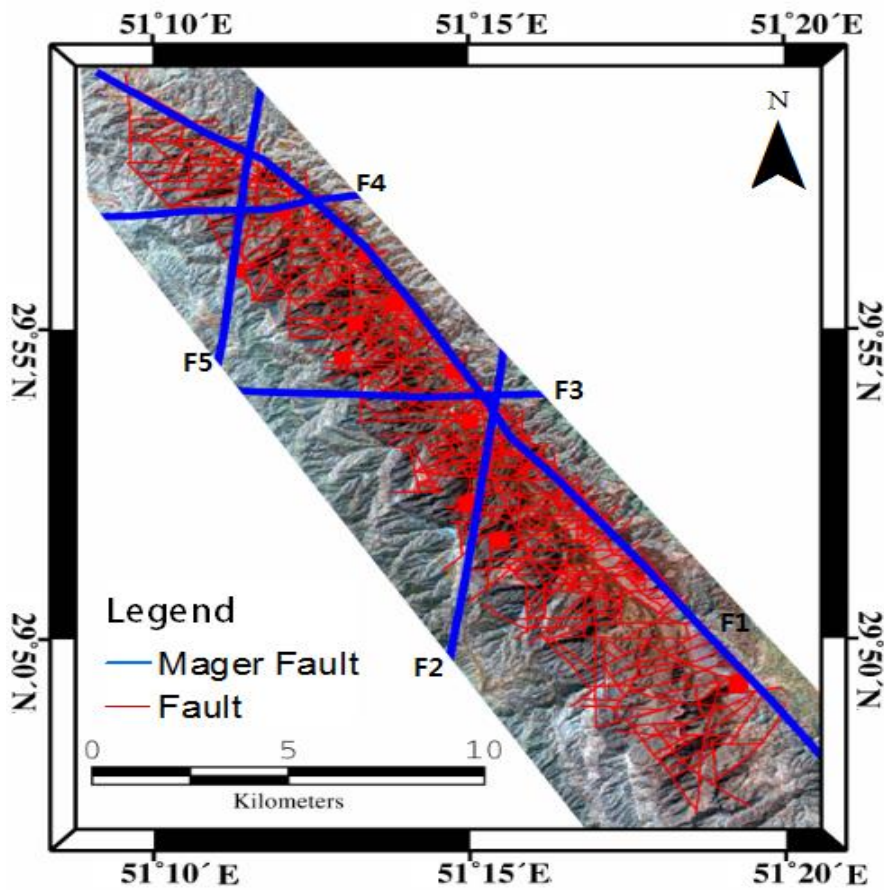
در این پژوهش با تکیه بر پردازش تصاویر ماهواره‌ای شکستگی‌های موجود بر تاقدیس دارا و شکستگی‌های اطراف گسل کماریح شناسایی و سپس به بررسی رابطه این شکستگی‌ها با چین خوردگی و گسلس و همچنین به بررسی ویژگی‌های مورفولوژیکی شکستگی‌های تاقدیس دارا پرداخته می‌شود. به منظور بررسی منطقه مورد مطالعه، قسمتی از فریم شماره ۱۶۳/۳۹ داده‌های ETM+ ماهواره Landsat7 مورد استفاده قرار گرفته است. جهت تفکیک بهتر واحدهای سنگی و به دنبال آن شناسایی گسل‌ها، از ترکیب باندهای مختلف استفاده گردید، که بهترین ترکیبات رنگی به صورت RGB=741 و RGB=531 تشخیص داده شد و مورد استفاده قرار گرفت. جهت شناسایی شکستگی‌ها با توجه به عوامل موثر در شناسایی آن‌ها، غالباً از فیلترهای مکانی استفاده می‌شود. از جمله فیلترهای مورد استفاده می‌توان به فیلترهای گذر بالا اشاره نمود. همچنین از فیلترهای لبه و اثر تابش خورشید، جهت شناسایی شکستگی‌ها استفاده شده است. با استفاده از این فیلترها مرز واحدهای مختلف لیتولوژی بارزتر شده و روندهای خطی از جمله گسل‌های مهم محدوده مورد بررسی، شناسایی گردید. بر اساس مطالب گفته شده شکستگی‌ها و گسل‌های موجود در محدوده تاقدیس دارا شناسایی شدند (شکل ۳).



شکل ۱. موقعیت زمین شناسی منطقه مورد مطالعه: الف- تقسیمات ساختاری ایران (Heydari et al., 2003) ب- تقسیمات ساختاری زاگرس (Farzipour-saein et al., 2009)



شکل ۲. نمایی از یال شمال شرقی تاقدیس دارا با نمایش رخنمون سازند آسماری در هسته تاقدیس.



شکل ۳. تصویر ETM* ماهواره Landsat7 از تاقدیس دارا با نمایش گسل‌های موجود در محدوده تاقدیس دارا.

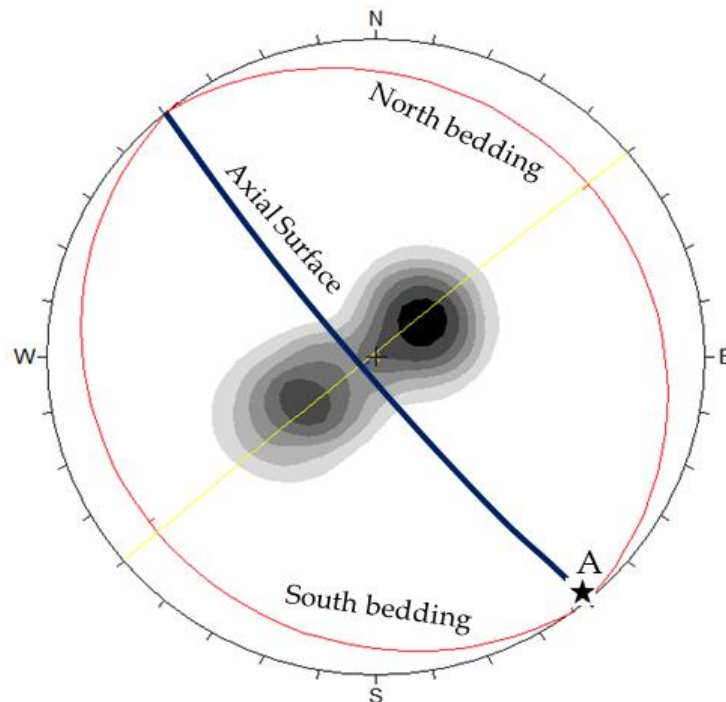
بحث:
تحلیل ساختاری و هندسی

بر اساس وضعیت لایه‌بندی برداشت شده در یال شمال شرقی و یال جنوب غربی تاقدیس دارا، وضعیت صفحه محوری و وضعیت خط لولایی تاقدیس دارا به ترتیب 139/86SW، 02/139 می‌باشد (شکل ۴) بیشه تنش موثر بر تاقدیس دارا بر اساس وضعیت صفحه محوری $\sigma_1=04/049$ و حداقل تنش موثر بر تاقدیس دارا که به موازات محور چین‌خوردگی است، $\sigma_3=02/139$ می‌باشد. تاقدیس دارا بر اساس جهت گیری چین‌خوردگی در زمره چین‌های ایستاده افقی قرار دارد.

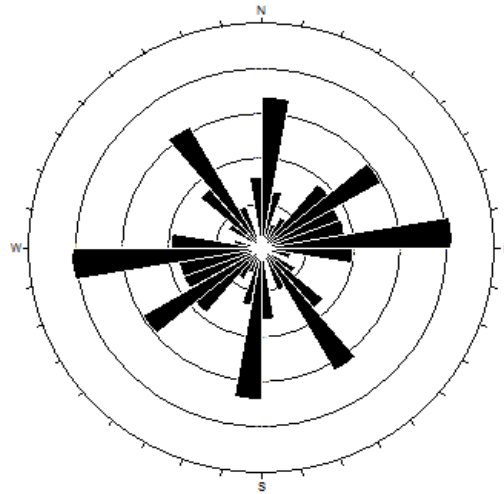
گسل کازرون دارای روند شمالی جنوبی و حرکت راست‌الغز راست گرد می‌باشد. گسل کازرون دارای دو بخش است، قسمت شمالی این گسل به نام بخش کماریج و قسمت جنوبی آن به نام بخش برازجان معروف است، در وسط این دو قطعه یک نبود وجود دارد (Berberyan and King, 1981). بخش کماریج دارای روند AZ020 و در ۱۵ کیلومتری غرب شهرستان کازرون واقع است. طول این بخش ۱۲۵ کیلومتر است، این قطعه از گسل در شرق تاقدیس دارا قرار دارد. در این پژوهش بر روی تاقدیس دارا تعدادی زیادی شکستگی بر اساس مطالعات دور سنجی شناسایی شده‌اند (شکل ۳). دیاگرام گل سرخی مربوط به کل شکستگی‌های شناسایی شده تاقدیس دارا، تهیه گردید (شکل ۵). در محاسبه روند شکستگی‌ها علاوه بر تعداد، به مقادیر طول آنها هم توجه گردید، به این مفهوم که شکستگی‌های طولیتر بسته به مقدار طول بیش از یکبار قرائت شدند (Ekneligoda and

Henkel, 2006). روند شکستگی‌ها با توجه به دیاگرام گل سرخی به صورت چهار دسته شکستگی هستند که شامل دسته شکستگی A با جهت گیری AZ140-150، دسته شکستگی B با جهت گیری AZ140-150، دسته شکستگی C با جهت گیری AZ0-10 و دسته شکستگی D با جهت گیری AZ80-90 هستند.

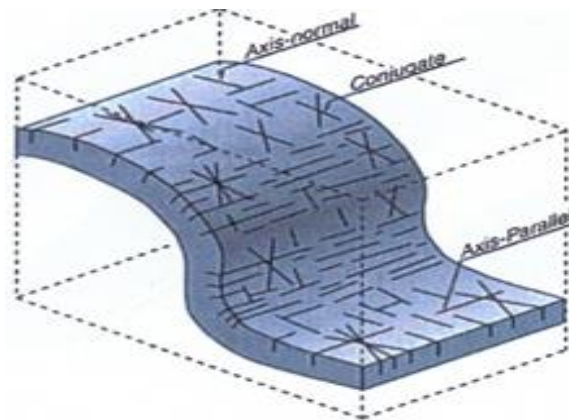
شکستگی‌ها و درزه‌های مرتبط با چین خوردگی از نظر راستای قرار گیری به سه گروه عمده تقسیم می‌شوند: شکستگی‌های طولی که راستای آنها موازی محور چین‌خوردگی است. شکستگی‌های عرضی که به صورت عمود بر محور چین‌خوردگی ایجاد می‌شوند و دسته سوم که نسبت به شکستگی عرضی دارای زاویه بین ۳۰-۴۵ درجه ایجاد می‌کنند به نام شکستگی‌های برشی معروف هستند (Price, 1966) (شکل ۶). از آنجایی که بر روی تاقدیس دارا چهار دسته شکستگی A، B، C و D شناسایی شده‌اند. دسته شکستگی A با جهت گیری AZ50-60 نسبت به محور چین‌خوردگی عمود می‌باشد و یک شکستگی عرضی است. دسته شکستگی B با جهت گیری AZ140-150 به موازات محور چین خوردگی، و یک شکستگی طولی می‌باشد دسته شکستگی C با جهت گیری AZ0-10 و دسته شکستگی D با جهت گیری AZ80-90 نسبت به محور چین خوردگی مورب هستند از این رو این دسته شکستگی‌های C و D مزدوج می‌باشند، بنابراین دسته شکستگی‌های A، B، C، D از لحاظ ساختاری مرتبط با چین‌خوردگی می‌باشند (شکستگی‌های طولی، شکستگی‌های عرضی و شکستگی‌های مزدوج تاقدیس دارا) (شکل ۷).



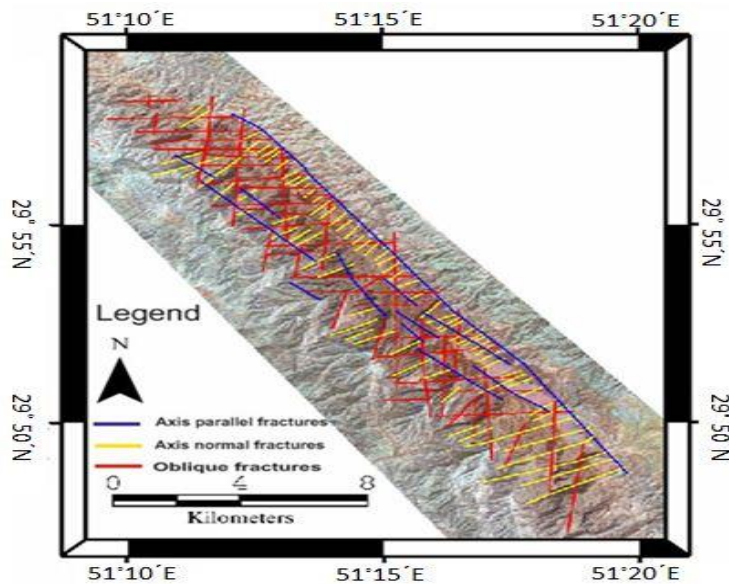
شکل ۴. کانتوردیگرام قطب لایه‌های برداشت شده از تاقدیس دارا با نمایش وضعیت لایه بندی متوسط یال‌ها و وضعیت صفحه محوری و وضعیت محور چین‌خوردگی



شکل ۵. دیاگرام گل سرخی مربوط به شکستگی های شناسایی شده بر روی تاقدیس دارا با استفاده از پردازش داده های ماهواره ای.



شکل ۶. شکل شماتیکی از موقعیت شکستگی های مرتبط با چین خوردگی (Fischer and Wilkerson, 2000)



شکل ۷. تصویر ETM+ ماهواره Landsat7 از محدوده مورد مطالعه با نمایش شکستگی های مرتبط با چین خوردگی.

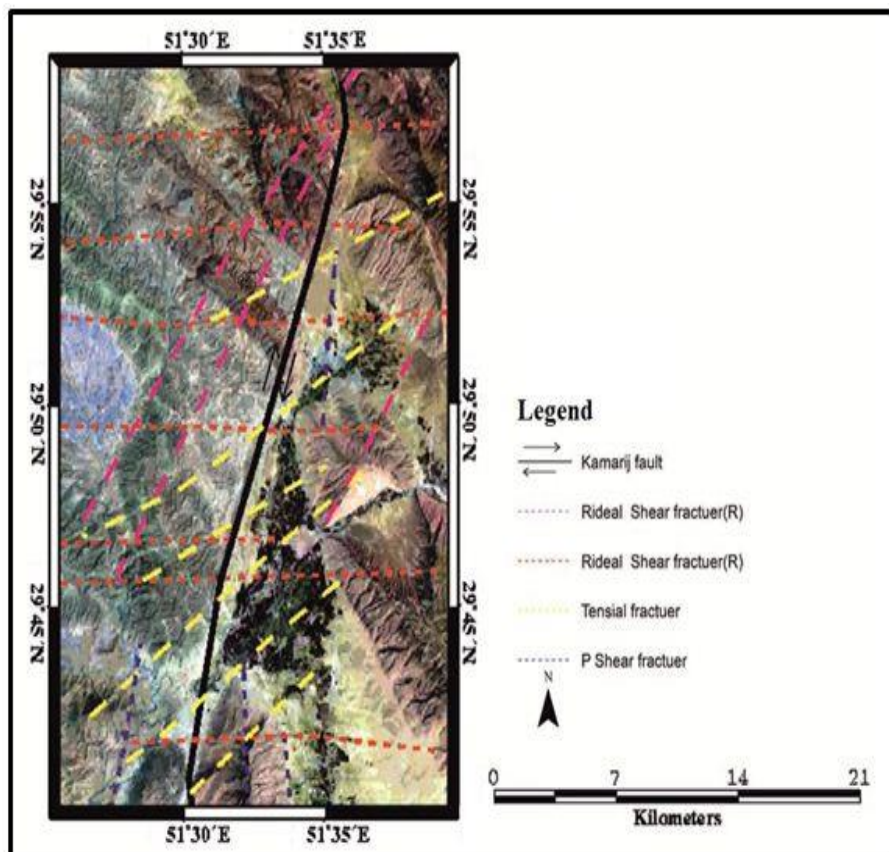
شکستگی‌های احتمالی مرتبط با گسل کماریج شناسایی شده‌اند (شکل ۸). بر اساس دیاگرام گل سرخی مربوط به این شکستگی‌ها، چهار دسته شکستگی اصلی با روندهای AZ50-60، AZO-10، AZ90-100 و AZ20-30 مشخص شده است (شکل ۹). این چهار دسته شکستگی از لحاظ امتدادی به ترتیب با مولفه های \hat{R} ، \hat{P} ، \hat{T} و \hat{R} گسل کماریج همخوان هستند.

شکستگی‌ها از لحاظ ساختاری علاوه بر چین خوردگی می‌توانند مرتبط با گسل‌های نرمال، معکوس و راستالغز باشند. که از این میان شکستگی‌های مرتبط با گسل‌های امتداد لغز نسبت به گسل نرمال و معکوس بسیار شایعتر و مشهودتر می‌باشند.

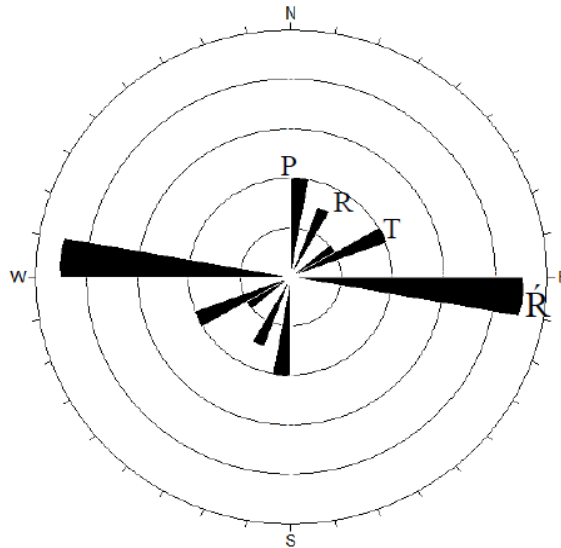
از آنجایی که گسل راستالغز کماریج به صورت راستگرد حرکت می‌کند (Mobasher and Babaie, 2008) و دارای راستای N20E می‌باشد، وضعیت شکستگی‌های مرتبط با این گسل پیش بینی شده است (جدول ۱). در طی مطالعات سنجش از دور و پس از پردازش تصاویر ماهواره‌ای

جدول ۱. وضعیت شکستگی‌های مورد انتظار مرتبط با گسل کماریج

امتداد	نوع شکستگی
$AZ_{۳۵} \pm ۱۰$	R
$AZ_{۹۵} \pm ۱۰$	\hat{R}
$AZ_{۵} \pm ۱۰$	P
$AZ_{۶۵} \pm ۱۰$	T



شکل ۸. تصویر ETM^+ ماهواره Landsat7 از محدوده مورد مطالعه با نمایش شکستگی‌های مرتبط با گسل کماریج.



شکل ۹. دیاگرام گل سرخی شکستگی‌های مرتبط با گسل کماریج با نمایش نوع مولفه مرتبط با گسل کماریج.

بررسی مورفولوژیکی و الگوی پراکندگی شکستگی‌ها

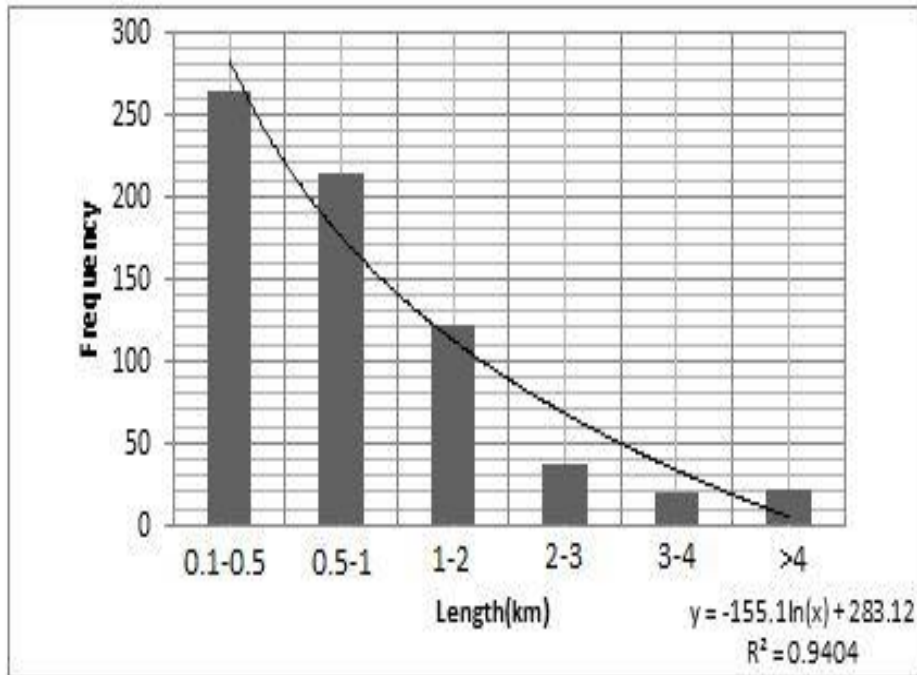
در این پژوهش طول شکستگی‌ها و شدت و چگالی شکستگی‌ها که از پارامترهای مورفولوژیکی شکستگی‌ها هستند، مورد بررسی قرار گرفتند. هیستوگرام مربوط به طول شکستگی‌های شناسایی شده بر روی تاقدیس دارا تهیه گردید (شکل ۱۰)، شکستگی‌ها بر اساس طولشان به سه دسته تقسیم گردید.

شکستگی‌های طویل: طول بالای ۳ کیلومتر (با فراوانی کم)
 شکستگی‌های متوسط: طول ۱ تا ۳ کیلومتر شکستگی‌های کوتاه:
 طول کمتر از ۱ کیلومتر (با فراوانی بالا)

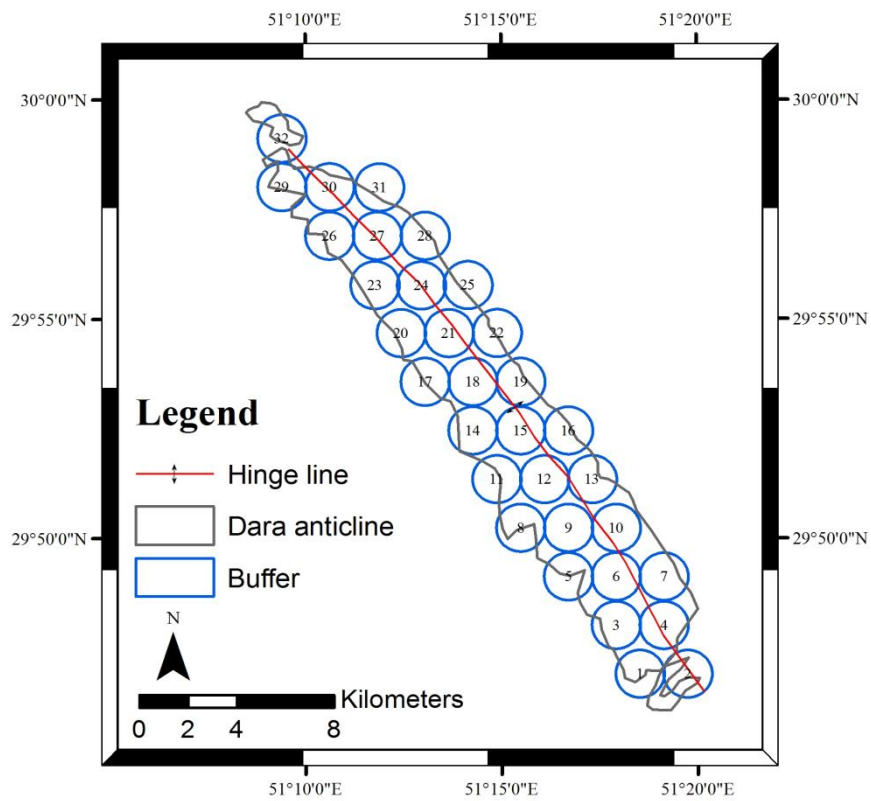
در هیستوگرام فراوانی طول شکستگی‌ها پس از برآزش الگوهای آماری مختلف به داده‌ها، الگوی منفی بهترین خط انطباق را با داده‌ها نشان می‌دهد (شکل ۱۰) معادله مربوط به این خط با ضریب همبستگی ۰.۹۲٪ در (شکل ۱۰) نشان داده شده است، این معادله نشان می‌دهد که با افزایش طول شکستگی‌ها از تعداد شکستگی‌ها به طور نمایی کاسته می‌شود. که این توزیع نمایانگر بلوغ ساختاری و حد نهایی توسعه شکستگی‌های ساختاری در یک ناحیه است (Xypolias and Koukouvelas, 2004).

شدت و چگالی شکستگی‌ها از پارامترهای کاربردی در محاسبات آماری شکستگی‌ها، است. هر دو این فاکتورها در واحد سطح تعریف می‌شوند. شدت بیانگر مجموع طول شکستگی‌ها در واحد سطح و چگالی برابر با تعداد شکستگی‌ها در واحد سطح می‌باشد (حاجی و رحیمی، ۱۳۸۹). محاسبه پارامترهای شدت و چگالی کاربردهای گوناگونی در مطالعات مکانی یک ناحیه دارد. ناگفته پیداست برای محاسبه این پارامترها می‌بایست واحد سطح معرفی شود. یکی از روش‌های مناسب برای محاسبه پارامترهای فوق روش دایره‌ای است. که محاسبات درون دوایر انتخابی در محدوده تجمع خطواره‌ها انجام می‌شود (Xypolias and koukouvelas, 2004).

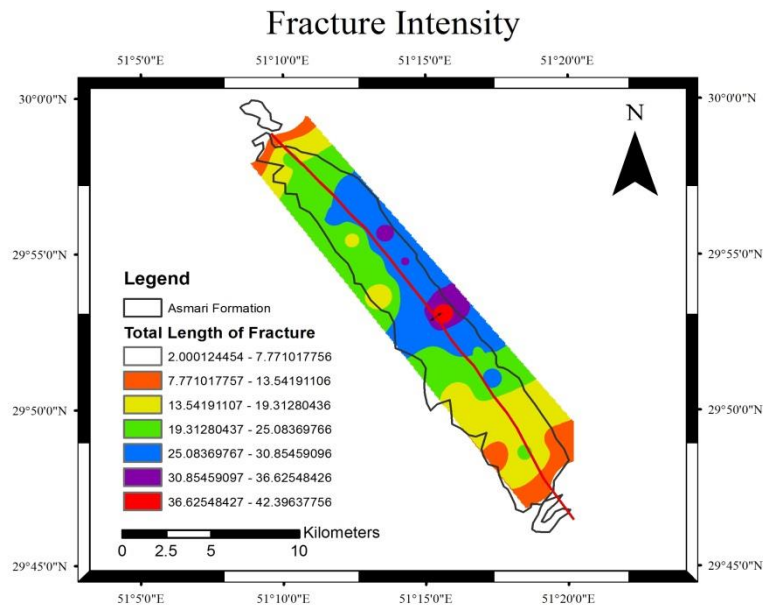
بنابراین در این پژوهش ۳۲ دایره به شعاع هزار متری بر روی تجمع خطواره‌ها در مکان‌های مختلف از تاقدیس دارا (بر روی رخنمون آسماری) به وسیله نرم افزار Arc GIS10 ترسیم گردید (شکل ۱۱). سپس پارامترهای شدت و چگالی برای هر دایره به صورت جداگانه محاسبه گردید، به عبارتی برای محاسبه شدت و چگالی شکستگی به ترتیب تعداد شکستگی‌ها و مجموع طول شکستگی‌های در هر واحد دایره محاسبه می‌شود، سپس به وسیله نرم افزار Arc GIS10 بین مقادیر بدست آمده درون‌یابی صورت می‌گیرد، در واقع این روش، بدست آوردن نقاط مجهول توسط نقاط معلوم است (در این پژوهش از روش کریجینگ که بر پایه مدل‌ها و روابط آماری پایه ریزی گردیده است، استفاده شده است). نهایتاً پارامترهای شدت و چگالی به صورت نقشه رستری تهیه گردیدند (شکل‌های ۱۲ و ۱۳). شدت و چگالی شکستگی‌ها در یال شمال شرقی تاقدیس دارا و ناحیه لولایی بر اساس نقشه‌های ترسیمی (شکل‌های ۱۲ و ۱۳) از دیگر جایگاه‌های ساختاری تاقدیس دارا بیشتر می‌باشد. علت افزایش شدت شکستگی در یال شمال شرقی تاقدیس دارا به احتمال زیاد به علت عبور گسل F1 با روند N35W است که از این ناحیه از تاقدیس عبور کرده است، این گسل در طی مطالعات دور سنجی شناسایی گردیده است (شکل ۳)، همچنین در محل برخورد گسل‌های F1 و F2 و F3 شدت و چگالی شکستگی‌ها بیشتر شده است. از آنجایی که شدت و چگالی شکستگی‌ها تاثیر فراوانی بر تکتونیک فعال دارد (Xypolias and koukouvelas, 2004)، با توجه به این امر به نظر می‌رسد که یال شمال شرقی تاقدیس دارا نسب به یال جنوب غربی آن از لحاظ تکتونیکی دارای فعالیت بیشتری است.



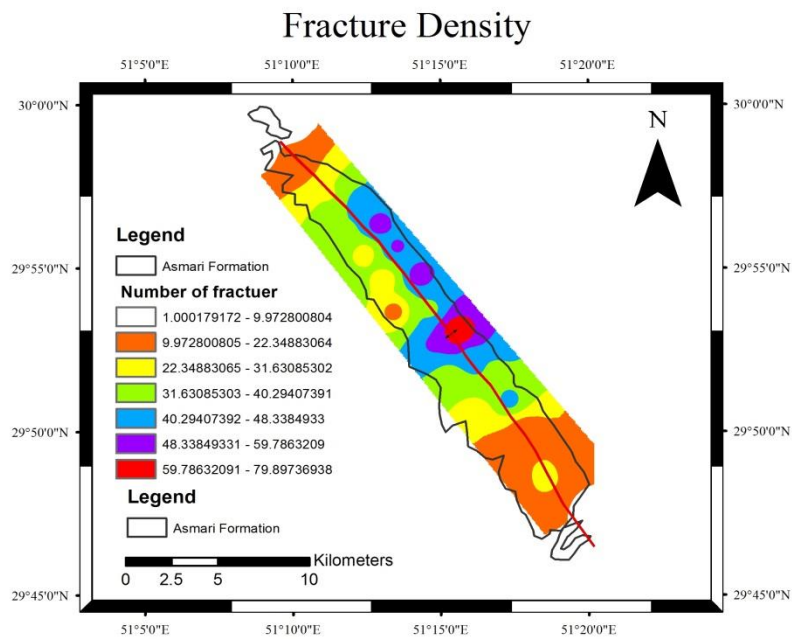
شکل ۱۰. هیستوگرام توزیع طول شکستگی‌های شناسایی شده بوسیله مطالعات سنجش از دور



شکل ۱۱. دوائر ترسیمی با شعاع ۱۰۰۰ متری برای محاسبه شدت و چگالی



شکل ۱۲. نقشه شدت شکستگی های ساختاری تاقدیس دارا، ارقام به کیلومتر در واحد سطح می باشند



شکل ۱۳. نقشه چگالی شکستگی های ساختاری تاقدیس دارا، ارقام به تعداد در واحد سطح می باشند.

نتیجه گیری

در یال شمال شرقی تاقدیس دارا و ناحیه لولایی بر اساس نقشه‌های ترسیمی (شکل‌های ۱۲ و ۱۳) از دیگر جایگاه‌های ساختاری تاقدیس دارا بیشتر می‌باشد. علت افزایش شدت شکستگی در یال شمال شرقی تاقدیس دارا به احتمال زیاد به علت عبور گسل F1 با روند N35W است که از این ناحیه از تاقدیس عبور کرده است. همچنین بیشتر بودن شدت و چگالی شکستگی در یال شمال شرقی نسبت به دیگر جایگاه‌های ساختاری، نشان دهنده این مطلب است که فعالیت تکتونیکی این بخش از تاقدیس نسبت به دیگر جایگاه‌های ساختاری، بیشتر است. همچنین علت افزایش شدت و چگالی شکستگی در ناحیه لولایی به دلیل بیشتر بودن میزان خمش در ناحیه لولایی است، که باعث افزایش این دو پارامتر در این ناحیه از تاقدیس شده است. تعیین الگوی هندسی-کینماتیکی شکستگی‌ها و نیز الگوی توزیع و پراکندگی شکستگی‌ها در اکتشاف و استخراج منابع هیدروکربوری مخزن آسماری در محدوده مورد مطالعه و سایر بخش‌های زاگرس بسیار کلیدی و حائز اهمیت می‌باشد.

بر روی تاقدیس دارا چهار دسته شکستگی A, B, C, D شناسایی شده است. دسته شکستگی A با جهت‌گیری AZ50-60 یک شکستگی عرضی است. دسته شکستگی B با جهت‌گیری AZ 140-150 یک شکستگی طولی می‌باشد دسته شکستگی C با جهت‌گیری AZ0-10 و D با جهت‌گیری AZ80-90 شکستگی‌های مزدوج می‌باشند، قطعه گسل کماریج (بخش از گسل کازرون) که در نزدیکی تاقدیس دارا قرار دارد، دارای راستای AZ20 و مولفه حرکتی راستالغز راستگرد می‌باشد. در طی مطالعات دور سنجی در اطراف گسل کماریج چهار دسته شکستگی با جهت‌گیری AZ0-10، AZ90-100، AZ50-60 و AZ20-30 شناسایی شد با توجه به شکستگی‌های مرتبط با گسل کماریج (طبق جدول ۱) این چهار دسته شکستگی از لحاظ امتدادی به ترتیب با شکستگی‌های P ، R ، T و R که مولفه‌های گسل کماریج هستند، منطبق می‌باشند. براساس مطالعه مورفولوژیکی شکستگی‌های شناسایی شده بر تاقدیس دارا، با افزایش فراوانی شکستگی‌ها طول شکستگی‌ها به صورت نمایی کاهش می‌یابد که این مطلب حاکی از توسعه ساختاری خوب شکستگی‌ها در منطقه می‌باشد. شدت و چگالی شکستگی‌ها

منابع:

- آقائاتی، ع.، ۱۳۸۵، زمین شناسی ایران، ص ۵۸۶، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور تهران.
- حاجی، ع.، رحیمی، ب.، ۱۳۸۹، الگوهای آماری و فراکتالی سیستم‌های شکستگی منطقه تکنار- ایران مرکزی، فصل نامه علوم دانشگاه تهران، جلد سی و ششم، شماره ۱، ص ۱۳۶-۱۲۹.
- ظهرا ب زاده، م.، ۱۳۸۸، تحلیل سیستماتیک شکستگی‌های مخزن آسماری در یکی از میادین نفتی جنوب غرب ایران، مجله اکتشاف و تولید، شماره ۶۲، ص ۴۶.
- سنجری، س.، ۱۳۹۰، راهنمای کاربردی Arc Gis 10، ص ۳۴۴، انتشارات عابد.
- قنادیان، م.، رحیمی، ب.، حسینی، ک.، شبان، ع.، ۱۳۹۰، بررسی الگوی شکستگی‌های سازند مزدوران، شمال غرب روستای مزدوران، شرق کپه داغ، سی امین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- مطیعی، ه.، ۱۳۷۴، زمین شناسی نفت زاگرس، دو جلد، طرح تدوین کتاب زمین شناسی، شماره ۲۵، ص ۱۰۰۹.
- Abdollahie Fard, I., Braathen, A., Mokhtari, M., Alavi, S. A., 2006, Interaction of the Zagros Fold–Thrust Belt and the Arabian-type, deep-seated folds in the Abadan Plain and the Dezful Embayment, SW Iran, Petroleum Geoscience, Vol: 12, P: 347–362.
- Alavi, M., 2004, Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution, American journal of Science, Vol: 304, No: 1, P: 1-20
- Bartlett, W.L., Friedman, M., Logan, J.M., 1981, Experimental folding and faulting of rocks under confined pressure. Part IX. Wrench faults in limestone layers, Tectonophysics, Vol: 79, P: 255-277.
- Berberian, M., King, G.C.P., 1981, Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran, Canadian journal of earth sciences, Vol: 18, No: 2, P: 210-265.
- Bourne, S.J., Bauckmann, F., Rijkels, L., Stephenson, B.J., Weber, A., Willemsse, E.J.M., 2000, Predictive Modeling of Naturally Fractured Reservoirs Using Geomechanism and Flow Simulation, 9th Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference (Abu Dhabi, UAE), p: 10.
- Ekneligoda T. C., Henkel H., 2006, The spacing calculator software-A Visual Basic program to calculate spatial properties of lineaments, Journal of Computers & Geosciences, Vol: 32, No: 5, P: 673- 680.
- Falcon, N.L., 1974, Southern Iran: Zagros mountains. In: Spencer A (Ed) Mesozoic–Cenozoic Orogenic Belts, Geological Society of London, Special Publication, Vol: 41, P: 99–211.
- Farzipour-Saein, A., Yassaghi, A., Sherkat, Sh., Koyi, H., 2009, Basin evolution of the Lurestan region in the Zagros fold-and-thrust belt, Iran, Journal of Petroleum Geology, Vol: 32, P: 5-19.
- Fischer, M.P., Wilkerson, M.S., 2000, Predicting the orientation of joints from fold shape: results of pseudo-three-dimensional modeling and curvature analysis, Geology Vol: 28, P: 15–18.

- Heydari, E., Hassanzadeh, J., Wade, W. J., Ghazi, A. M., 2003, Permian-Triassic boundary interval in the Abadeh section of Iran with implications for mass extinction. Part 1. *Sedimentology: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol: 193, P: 405-423.
- James, G.A., Wynd, J.G., 1965, Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area, *AAPG Bulletin*, Vol: 49, No: 12, P: 2182-2245.
- Mobasher, K., Babaie, H. A., 2008, Kinematic significance of fold-and fault-related fracture systems in the Zagros mountains, southern Iran, *Tectonophysics*, Vol: 451, P: 156-169.
- Price, N.J., 1966, *Fault and joint development in brittle and semi-brittle rocks*, Pergamon press, Oxford, 176p.
- Sherkati, Sh., Letouzey, J., 2004, Variation of structural style and basin evolution in the central Zagros (Izeh zone and Dezful Embayment), Iran, *Marine and Petroleum Geology*, Vol: 21, No: 5, P: 535-554.
- Sylvester, A.G., 1988, Strike-slip faults, *Bulletin of Geological Society of America*, Vol: 100, P: 1666-1703.
- Talbot, C.J., Alavi, M., 1996, The past of a future syntaxis across the Zagros. *Geological Society, London, Special Publications*, Vol: 100, No: 1, P: 89-109.
- Xypolias, P., Koukouvelas, I.K., 2004, Fault trace parameters as a tool for analyzing remotely sensed fault arrays: An example from the eastern Gulf of Corinth, Greece", *International Journal of Remote Sensing*, Vol: 25, No: 21, P: 4685-4699.