



فصلنامه زمین ساخت
زمستان ۱۳۹۴، سال اول، شماره ۴

تاریخچه تکتونیکی کمپلکس ماهیرود (چشمه استاد) بر پایه داده‌های ساختاری جدید، شرق ایران

شهریار کشتگر^{۱*}، ساسان باقری^۲، محمد بومری^۲

۱- دانشگاه جامع علمی کاربردی سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

۲- گروه زمین شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

* shahriar.keshtgar@gmail.com

چکیده

کمپلکس ولکانو-پلوتونیک ماهیرود (چشمه استاد) در حاشیه شمال شرقی پهنه جوش خورده سیستان رخنمون دارد. بخش آذرین، نهشته‌های آذرآواری و گدازه‌ها آندزی-بازالت، آندزیت و داسیت است که توسط یک استوک تونالیتی با سن کرتاسه فوقانی قطع گردیده است. کمپلکس ماهیرود خصوصیات محیط تکتونوماگمایی متعلق به جزایر قوسی امروزی را نشان می‌دهد. مطالعات ساختاری سنگ‌های رسوبی پوشاننده کمپلکس، حاکی از وقوع حداقل سه رخداد دگرشکلی قبل، همزمان و پس از برخورد، از زمان کرتاسه تا عهد حاضر می‌باشد. حادثه D_1 یا حادثه قبل از برخورد بلوکهای افغان و لوت، با شکل گیری تراست ها و چین‌های مرتبط برگشته، با روند کلی شرقی-غربی و شیبی به سمت شمال مشخص می‌شود. رخداد D_2 یا رخداد همزمان با برخورد، با چین خوردگی مجدد و گسلش ساختارهای حادثه قبلی و گسترش الگوی تداخلی تیپ یک رمزی مشخص می‌شود که نتیجه تغییر عمومی روندها به سمت شمال تا شمال غرب می‌باشد. واقعه D_3 یا واقعه بعد از برخورد با گسترش دو دسته گسلهای مزدوج امتداد لغز مشخص میگردد که کلیه ساختارهای قبلی را قطع کرده اند. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، بایستی اقیانوسی بزرگتر از آنچه قبلا بعنوان آبراهه اقیانوسی کوچک در نظر گرفته شده را متصور شویم. بنابراین نظریه رخداد کافت زایی قاره ای در شرق ایران با شواهد ساختاری و پترولوژیکی منطقه مورد مطالعه، در تناقض است.

کلیدواژه‌ها: دگرشکلی، چین‌های تداخلی، چشمه استاد، پهنه جوش خورده سیستان، نئوتتیس.

۲- سرگذشت تکتونیکی کمپلکس از زمان شکل گیری تاجایگزینی و تغییرات پس از جایگیری چگونه بوده است؟ ۳- کمپلکس ماهی رود آیا می تواند سندی برای اثبات یا رد فرایند کافت زایی کرتاسه در پهنه جوش خورده سیستان باشد؟

روش تحقیق

جهت انجام این پژوهش، با انجام مطالعات صحرایی، چین خوردگی ها و سایر عناصر ساختاری منطقه برداشت شدند و با استفاده از نرم افزار 3.2 Sterionet مورد تجزیه و تحلیل ساختاری قرار گرفتند.

بحث

منطقه مورد مطالعه در فاصله ۱۹۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر بیرجند (استان خراسان جنوبی) در ۶ کیلومتری شرق روستای ماهی رود و در مجاورت نقطه صفر مرزی ایران با افغانستان، بین طول های جغرافیایی ۶۰،۳۰ تا ۶۱،۰۰ و عرض های جغرافیایی ۳۲،۰۰ تا ۳۲،۳۰ گرفته است. محدوده مورد مطالعه در نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ گزیک (Guillou, et al., 1981) و در نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ماهی رود قرار دارد (Guillou, et al., 1981) کمپلکس مورد نظر توسط تیرول و همکاران (Tirrul et al., 1983) با عنوان "گروه چشمه استاد" معرفی گردیده اما در نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه (Guillou, et al., 1981) با عنوان "ماهرود" نامگذاری شده است. در واقع هر دو نام متعلق به یک منطقه است و ما از واژه "کمپلکس ماهی رود" استفاده می نمایم (شکل ۱).

مطالعه کمپلکس های ولکانو-پلوتونیک در جهان، از قدیم بعنوان یکی از ابزارهای مطالعاتی کلیدی مهم در جهت بازسازی تاریخچه زمین شناسی مناطق تکتونیکی و پی بردن به ماهیت و منشأ ماگماها، مورد استفاده واقع شده است (Ewart, 1992). چنین بررسی های تکتونو-ماگمایی نقش مهمی در بازسازی محیط های تکتونیکی قدیمی و سرگذشت تکتونیکی آن دارا می باشد.

بررسی چین خوردگی ها و تفکیک نسل های مختلف چین خوردگی در بازسازی تاریخچه تکتونیکی محیط های زمین ساختی بسیار موثر و راهگشا می باشد. این پژوهش سعی دارد با تلفیق یافته های حاصل از مطالعات پترولوژیکی و ساختاری کمپلکس ماهی رود، تاریخچه تکتونیکی شرق ایران را در ارتباط با تکتونیک مناطق همجوار بازسازی نماید.

موقعیت کمپلکس ماهی رود در حاشیه گوه افزایشی رتوک و افیولیت های آن (Tirrul et al., 1983) و کمپلکس سنگ های دگرگونی فشار بالای آن (Fotoohi Rad et al., 2005) از یک طرف و مجاورت آن با مجموعه سنگ های دگرشکل شده و رخنمون یافته سنگ های حوضه فرح رود افغانستان می تواند این نقش را بخوبی ایفا نماید. به لحاظ موقعیت خاص جغرافیایی و واقع شدن در منطقه مرزی ایران و افغانستان تا کنون مطالعه خاصی با هدف بررسی این کمپلکس صورت نگرفته است. از این رو مهمترین پرسش های این تحقیق به قرار زیر خواهد بود:

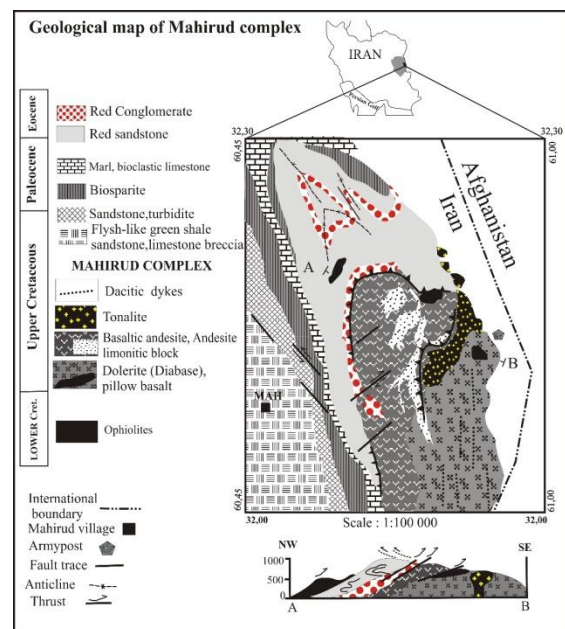
ویژگی های ساختاری مجموعه سنگ های رسوبی همراه با کمپلکس ماهی رود چیست؟

اقیانوس قدیمی سیستان که شرقی-غربی تا شمال شرق-جنوب غرب در نظر گرفته اند (شکل ۲). طبق نظر (Arjmandzadeh et al., 2011) گرانیتوئیدهای ده سلم و چاه شلجی نشان از فروانش پوسه اقیانوسی به زیر بلوک لوت دارد و بر این اساس مدل فروانش دو سویه نامتقارن با نرخ زوال یافتگی متفاوت پوسه اقیانوسی را پیشنهاد می دهند. هر چند بعضی محققین از جمله (Bagheri, et al., 2009) به مرحله کافت زایی این حوزه اعتقادی ندارند. کریمپور و همکاران (Karimpour et al., 2011) با استناد به سنگ های آتشفشانی اطراف بلوک لوت، معتقد به رخداد فروانش اقیانوس سیستان به زیر بلوک لوت هستند. از طرف دیگر (Saccani et al., 2010) به بررسی سنگ شناسی و ژئوشیمی کمپلکس نهندان پرداخته اند و معتقدند ماهیت این کمپلکس شامل سنگ های افیولیتی است که در شرایط کمان درون اقیانوسی (ماگماتیسم بالای زون فروانش یا SSZ) تشکیل گردیده اند. مطالعات انجام شده اخیر بر روی سنگ های ولکانو-پلوتونیک کمپلکس ماهیرود (کشتگر و همکاران، ۱۳۹۵a)، حاکی از شباهت این کمپلکس با جزایر قوسی (Island arc) امروزی می باشد.

مطالعه چین خوردگی های منطقه

بدون شک چین خوردگی های عظیم، شاخص ترین ساختارهای تکتونیکی در منطقه شرق ایران می باشند به طوری که وجود آنها را می توان در مقیاس های بسیار متفاوت در این منطقه مشاهده و دنبال نمود. چین خوردگی های بزرگ مقیاس تداخلی (Refolding) در منطقه ماهیرود بسیار فراگیر هستند. به منظور درک بهتر عناصر ساختاری موجود در منطقه ماهیرود، نقشه ساده شده ساختاری منطقه تهیه گردید (شکل ۲). ساختارهای چین خورده بزرگ مقیاس، راندگی ها و گسل های جوان تر مزدوج با مولفه امتدادی، اصلی ترین ساختارهای منطقه ماهیرود می باشند. در ذیل، به بعضی از مهمترین خصوصیات چین های برداشت شده در منطقه اشاره می شود:

مقطع S₁: چین های این مقطع بنام S₁ در جنوب روستای ماهیرود مطالعه شده اند که در شکل ۳ و جدول

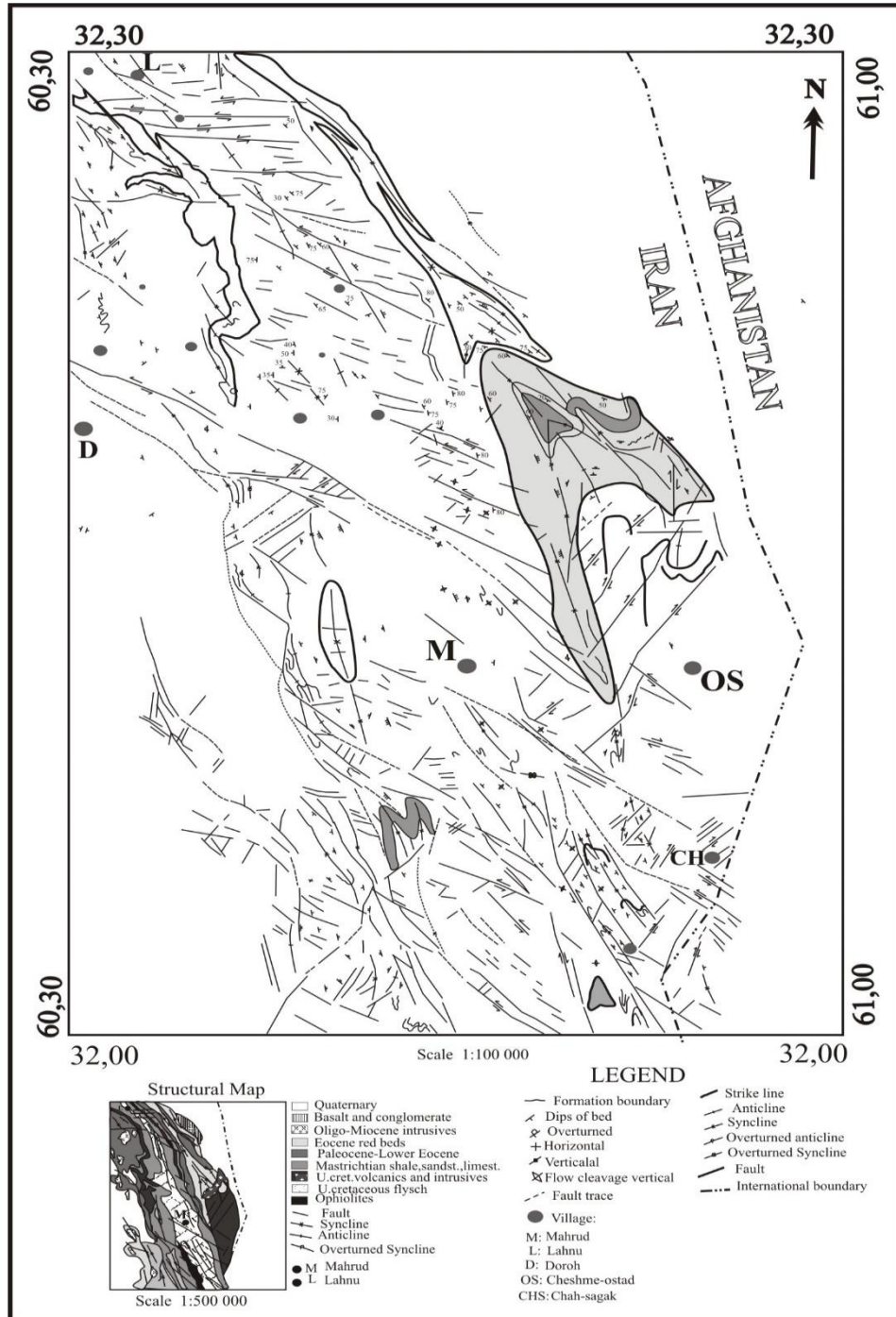


شکل ۱. نقشه زمین شناسی ساده شده و نیمرخ ساختاری منطقه مورد مطالعه که موقعیت راندگی ها و چینهای برگشته در آن نشان داده شده است (کشتگر، ۱۳۹۵).

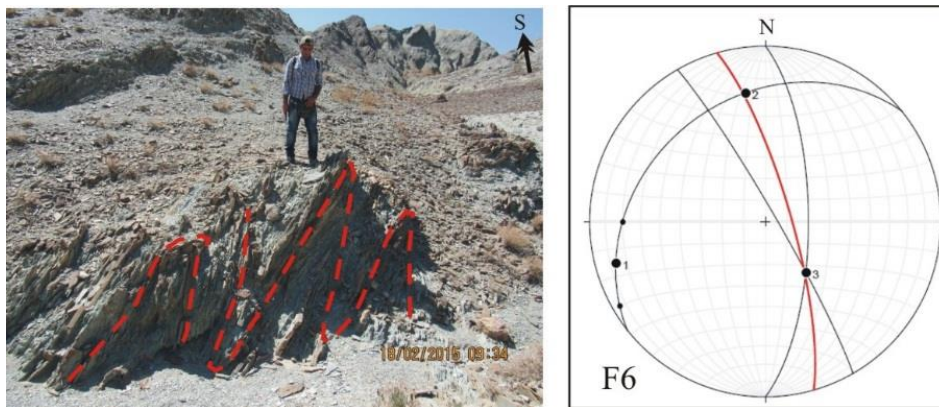
منطقه شرق ایران توسط محققین مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است اما مدل های تکتونیکی متفاوت و متناقضی برای شرق ایران ارائه شده است. طبق نظر تیروول و همکاران (Tirrul et al., 1983) ماهیت عمومی گروه چشمه استاد، افیولیتی است اما چون گابروهای لایه ای و سنگ های اولترامافیک رخنمون ندارند، این موضوع قطعیت ندارد. این محققین، کمپلکس ماهیرود واقع در حاشیه شمال شرقی این حوضه اقیانوسی را شاهدهی برای باز شدن حوضه اقیانوسی دانسته اند، اما این محققین در نظریه خود به تناقضات و ابهامات موجود در این منطقه از شرق ایران نیز اشاره نموده اند از جمله: عدم وجود توالی های چینه شناسی نشانگر تبدیل یک کراتون قاره ای به حوضه اقیانوسی، عدم وجود توالی رسوبات تبخیری ضخیم همانند رسوبات کف دریای سرخ امروزی، وجود رسوبات آواری ماسه-سنگی قرمز رنگ بصورت بین لایه ای با ولکانیک های ماهیرود، عدم تطابق راستای محور چین خوردگی های چند مرحله ای بزرگ مقیاس شرق ایران با راستای بازشدگی حوضه

و جدول ۱). چین F₆ نیز که در برش ساختاری S₁ وجود دارد از نوع برگشته است و مشخصات آن در شکل ۴ و جدول ۲ ارائه شده است.

۱ نشان داده شده است. بر اساس مشاهدات و اندازه گیری های انجام شده، چین خوردگی های این بخش از منطقه (F5) از نوع چین های استوانه ای (Sylindrical folding) و جناغی (Chevron fold) می باشند (شکل ۳



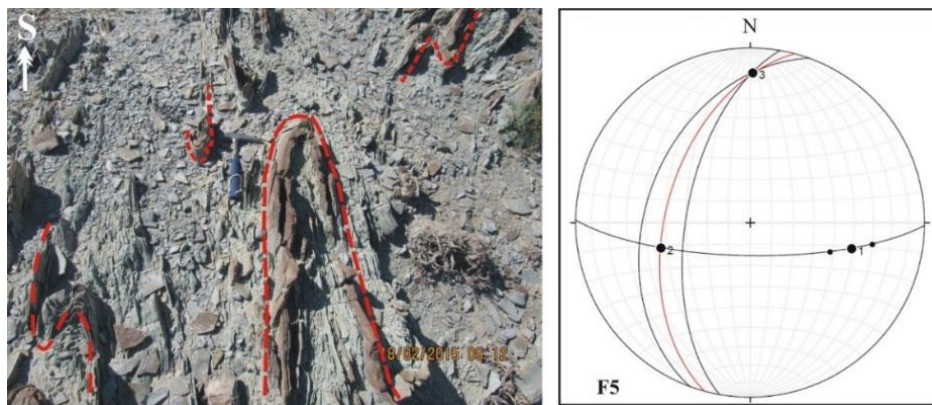
شکل ۲. نقشه ساختاری منطقه ماهیرود، M: ماهیرود، CH: چاه سگک، OS: چشمه استاد، D: درح (کشتگر، ۱۳۹۵b).



شکل ۳. تصویر صحرایی و استریوگرافیک چین F5 در جنوب ماهیرود

جدول ۱. برداشت‌های انجام شده و نوع چین F5

مشخصات چین F5		
۱ یال	۲ یال	
N10E,60NW	N20E,40NW	
چین F5		
پارامترها	محاسبات	نام چین
زاویه بین یالی	21	چین تنگ
سطح محوری	195/50 SW	چین برگشته با شیب متوسط



شکل ۴. تصویر صحرایی و استریوگرافیک چین F6 در جنوب ماهیرود

جدول ۲. برداشت‌های صحرایی و نوع چین F6

مشخصات چین F6		
۱ یال	۲ یال	
N-S,70E	N30W,85NE	
نوع چین F6		
پارامترها	محاسبات	نام چین
زاویه بین یالی	32.8	چین بسته
سطح محوری	344/78NE	برگشته پر شیب

(Open) و بر اساس شیب سطح محوری، "تقریباً افقی" است. شکل صحرایی و نمودار استریوگراف چین F9 در شکل ۵ ارائه شده است.

چین بعدی در برش ساختاری S1 که برداشت های انجام شده آن در جدول ۳ ارائه شده است، چین F9 می باشد. طبق رده بندی چینها بر اساس زاویه بین یالی (Fleuty, 1964) این چین از نوع چین باز

جدول ۳ - برداشت های انجام شده و نوع چین F9 در برش S1

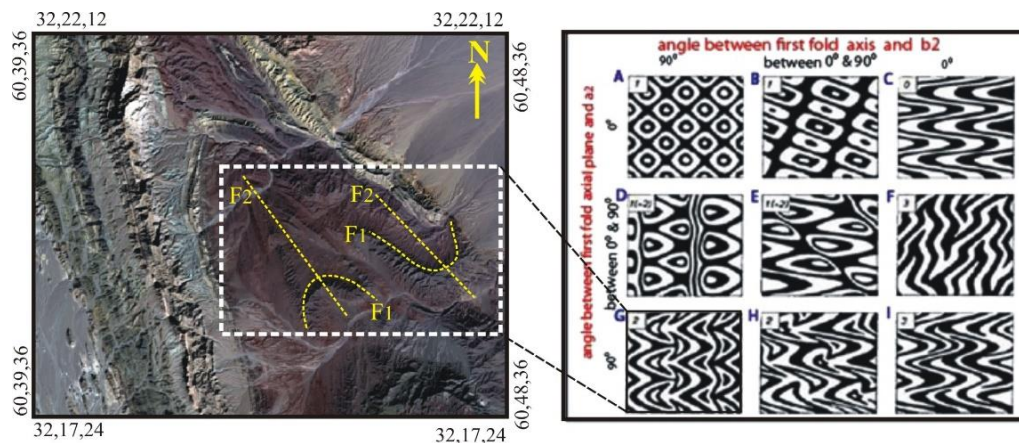
مشخصات چین F9-1		
یال ۱	یال ۲	یال ۳
N53E,85SE	N20E,80NW	N35E,80SE
نوع چین F9-1		
پارامترها	محاسبات	نام چین
زاویه بین یالی	75	چین باز
سطح محوری	72/90 SW	چین قائم



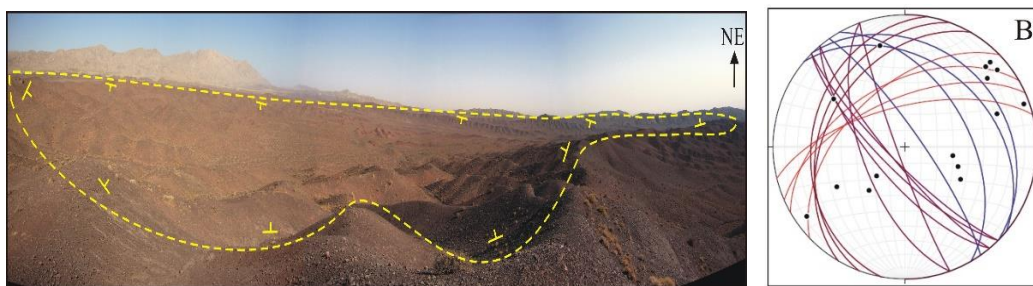
شکل ۵ - تصویر صحرایی (A) و استریوگرافیک (B) چین F9 جنوب ماهیروود

مقطع S₂ : همانطور که در تصویر ماهواره ای مشاهده می شود (شکل ۵)، این چین بسیار بزرگ از نوع چینهای غیر استوانه ای و تداخلی (Superimposed) می باشد (کشتگر، ۱۳۹۵). چنین چین هایی در نقاط مختلف شرق ایران به وفور قابل مشاهده هستند و کمتر مورد مطالعات ساختاری واقع شده اند. چین های این بخش از منطقه از نوع چینهای غیر استوانه ای (Non-Sylindrical folding) هستند. تجزیه و تحلیل چین های غیر سیلندری معمولاً با استفاده از تجزیه و تحلیل مشخصات هندسی و جهت گیری خط لولا، از بخش های کوچکی از چین، که فرم آن شبیه به چین های نوع سیلندری است صورت می گیرد (Simon, 2004).

ابر ناودیس (Basin) ماهیروود در رسوبات تخریبی ماسه سنگ قرمز ائوسن ایجاد شده است. این چین عظیم بنام چین F₂، دارای دو محور متفاوت متعلق به دو نسل چین خوردگی متفاوت است (شکل ۶). در واقع این چینها همان چینهای تیپ ۱ رمزی اند (Theisen, 1980) که الگوی گنبد و حوضه را دارا می باشند (کشتگر، ۱۳۹۵) موقعیت صحرایی و استریوگراف چین F₂ در شکل ۷ ارائه شده است. برای رده بندی چین های غیر سیلندری از نمودار مثلثی PQR (Williams & Chapman, 1979) استفاده نموده ایم که از نوع چین های غیر استوانه ای با زاویه بین یالی باز می باشد. (جدول ۴ و شکل ۸)



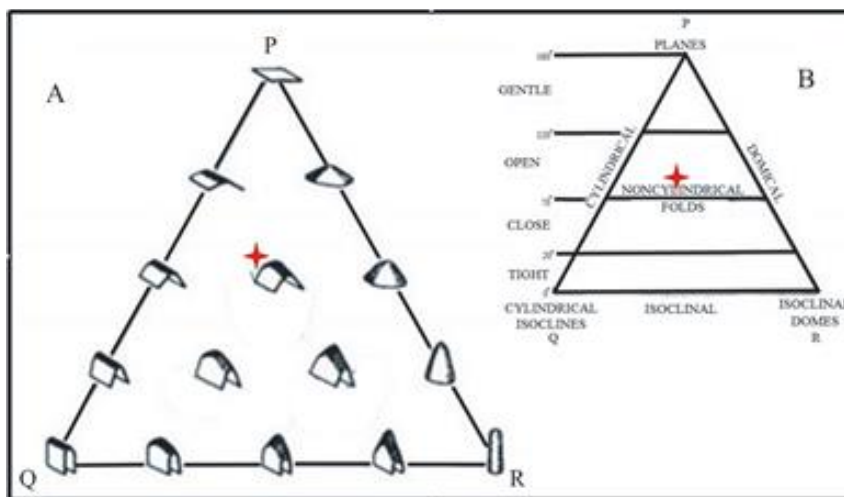
شکل ۶. عکس ماهواره ای بزرگ ناودیس ماهیرود و دو نسل متفاوت چین خوردگی آن که بترتیب با محورهای F_1 و F_2 نشان داده شده است.



شکل ۷. تصویر صحرایی و استریوگرافیک بزرگ ناودیس ماهیرود (چین F_2) با ساختار حوضه (Bsin) در ماسه سنگ آواری قرمز رنگ پالنوسن.

جدول ۴. برداشت های صحرایی انجام شده و نوع چین F_2

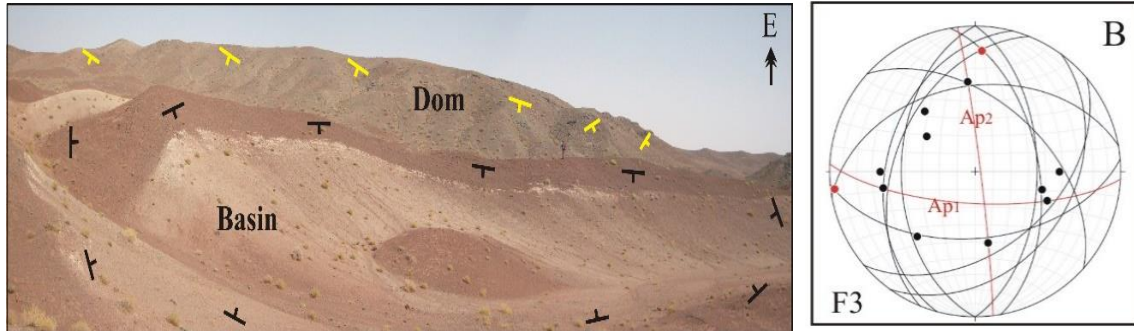
پارامترهای چین F_2				
R	Q	P	α	β
0.22	0.12	0.67	141	120



شکل ۸. پارامترهای محاسبه شده چین F_2 و موقعیت آن در نمودار PQR (Williams & Chapman, 1979).

چین بعدی بنام F_3 می باشد که در شکل ۹ تصویر صحرایی و استریوگراف آن ارائه شده است. در واقع چین F_3 ساختار یک تشتک و حوزه (Dome and Basin) کوچکتر را دارا

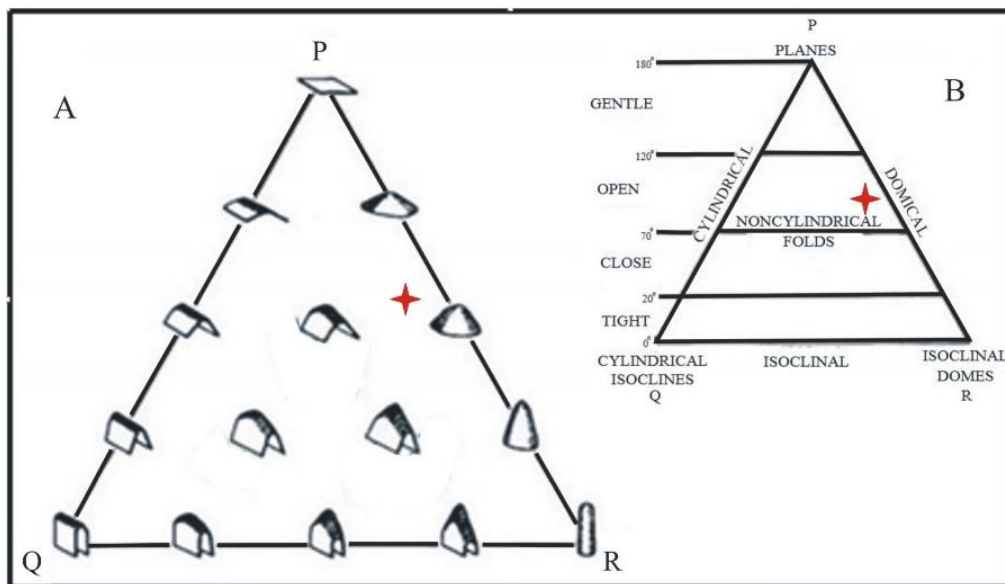
می باشد. پارامترهای محاسبه شده و رده بندی این چین در جدول ۵ و شکل ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۹. A- ساختارهای چین خورده گنبد (Dome) و حوزه (Basin) تپ I رمزی، B- تصویر استریوگرافیک چین F_3

جدول ۵. پارامترهای محاسبه شده چین F_3

پارامترهای چین F_3				
R	Q	P	α	β
0.45	0.05	0.50	89.90	98.00



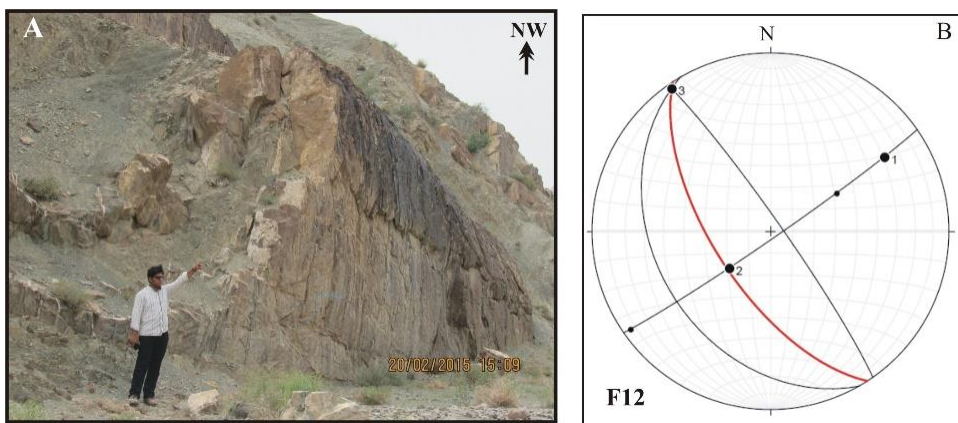
شکل ۱۰. موقعیت چین F_3 در نمودار PQR (Williams & Chapman, 1979).

شده است (شکل ۱۱). چنین ساختارهایی در اثر وجود تفاوت خصوصیات رئولوژی در توالی های رسوبی بخوبی ایجاد می شوند.

مقطع S_3 : این چین بنام F_{12} در مرکزی ترین بخش ابر تاقدیس لانو- ماهیروود، در واحد شیل و ماسه سنگی ائوسن وجود دارد که در شمال کمپلکس اندازه گیری

جدول ۶. مشخصات ساختاری و نوع چین F12 بر اساس رده بندی فلوتی

مشخصات چین F12		
۱ یال N35W,85NE	۲ یال N30W,35SW	
نوع چین F12		
پارامترها	محاسبات	نام چین
زاویه بین یالی	60	چین بسته
سطح محوری	147/64 SE	چین برگشته پرشیب



شکل ۱۱. تصاویر صحرایی و استریوگرافیکی چین نامتقارن دارای پلانژ F12

۱- **حادثه D₁**: که در راستای کلی شمالی-جنوبی عمل نموده و منجر به ایجاد محور چین های نسل اول (F₁) با راستای محوری تقریباً شرقی-غربی شده است.

۲- **حادثه D₂**: که در راستای کلی تقریباً شرقی-غربی عمل نموده و منجر به ایجاد محور چین های نسل دوم (F₂) با راستای محوری تقریباً شمالی-جنوبی شده است. در اثر عملکرد دو فاز مذکور، گسل ها و شکستگی های اصلی منطقه نیز متناسب با راستای فشرده‌گی و محور چین خوردگی ها جهت یابی نموده اند و در دو راستای NW-SE و NE-SW یعنی عمود بر محورهای چین خوردگی های نسل اول (F₁) و دوم (F₂)، جهت گیری نموده اند. تاثیر این دو حادثه بر روی سنگ های شکل پذیر منطقه در برخی از مناطق الگوی تداخلی چین های تیب تشنگ و گنبد را ایجاد کرده است.

۳- **حادثه D₃**: که با افزایش همگرایی پس از برخورد دو بلوک لوت و افغان توام بوده، سبب ش

وجود ساخت های سح زیرین لایه نظیر قالب های وزنی (Flutcast) در یالهای برگشته چین های خوابیده منطقه ماهیروود، شاخص و فراگیر می باشد که کمک زیادی به تشخیص لایه های رسوبی برگشته و تعیین نوع چین می نماید (شکل ۱۲).

بر اساس مطالعات ساختاری انجام شده، موقعیت صحرایی چینهای عادی و برگشته و راستای تقریبی تنش های اصلی بدست آمده موثر در منطقه ماهیروود در شکل ۱۳ نشان داده شده است. وجود چینهای برگشته از مهمترین عناصر ساختاری تایید کننده عملکرد دو راستای متفاوت تنش فشارشی در منطقه است (کشتگر و همکاران، ۱۳۹۵b).

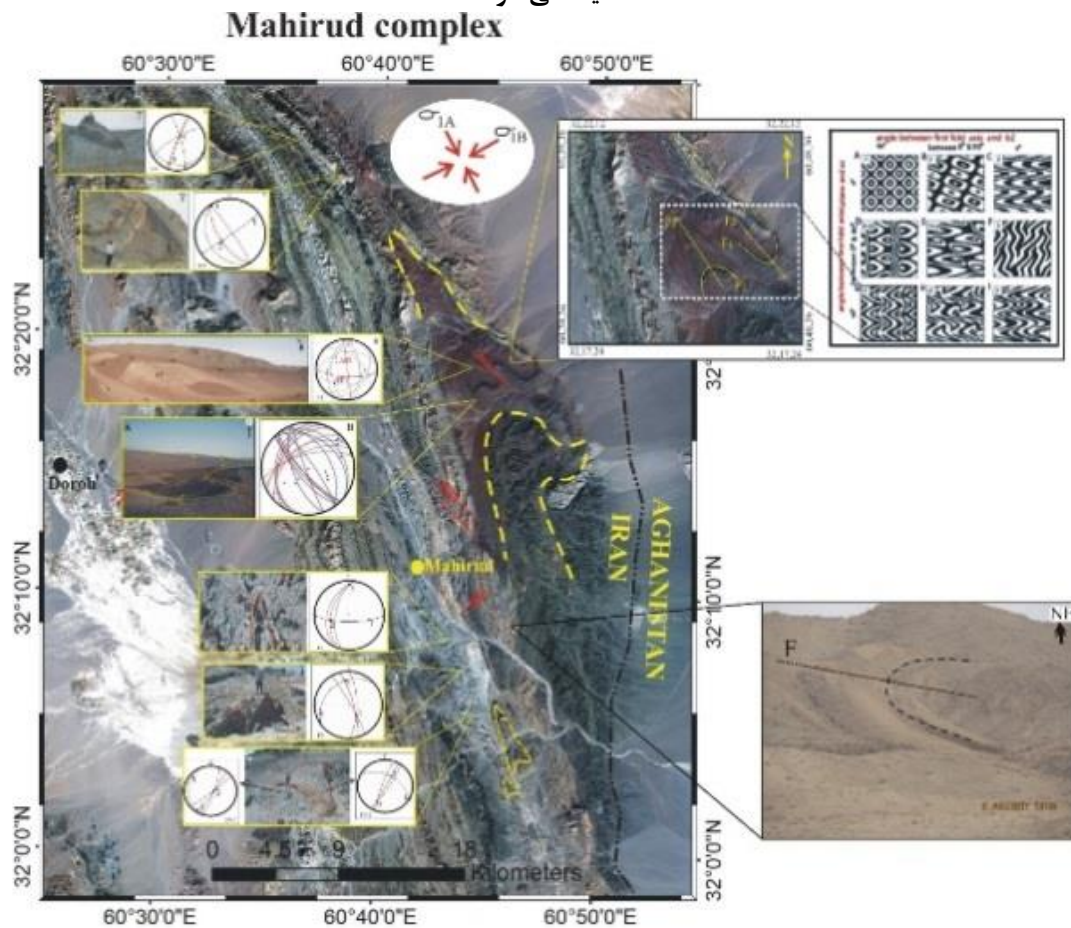
نتایج مطالعات حاصل از این پژوهش، حاکی از این است که کمپلکس ماهیروود و حوضه رسوبی مجاور پوشاننده آن در شرق ایران که تا گزیک ادامه دارد، حداقل ۳ حادثه دگرشکلی متفاوت D₁ و D₂ و D₃ را از زمان کرتاسه تا کنون متحمل گردیده است (شکل ۱۴):

بطور خلاصه ارتباط بین حوادث تکتونیکی با ماگماتیسم منطقه مورد مطالعه در جدول ۷ و شکل ۱۵ ارائه شده است.

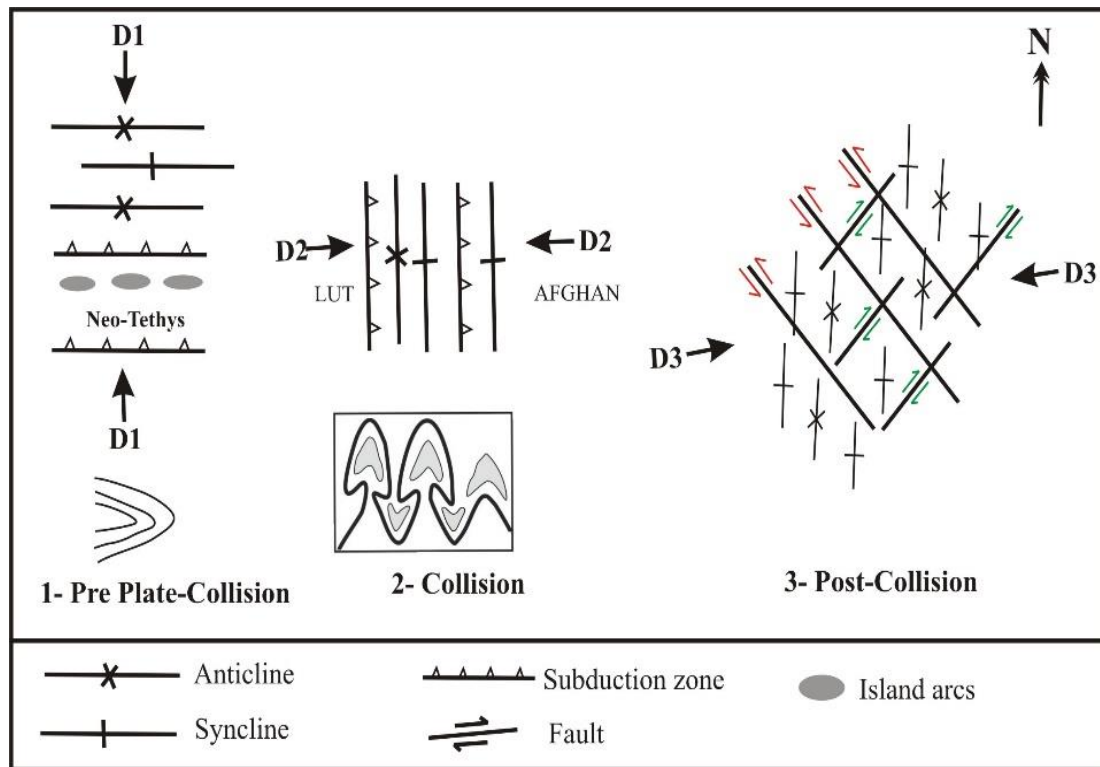
ده تا دو گروه از گسل های امتدادی شامل گسل های NW با مولفه چپ لغز و گسل های NE با مولفه راستالغز را بوجود آورد.



شکل ۱۲. قالبهای وزنی (Flutcast) در سطح زیرین یال برگشته تاقدیس ماهیرود که در رسوبات پالتوسن-ائوسن پوشاننده کمپلکس دیده می شود.



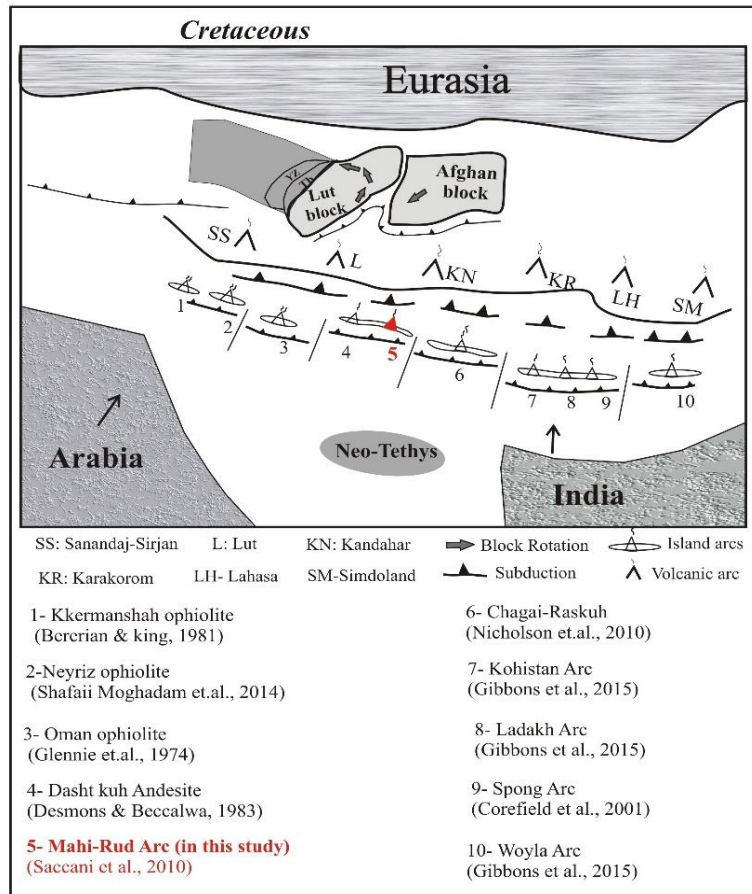
شکل ۱۳. چین های مطالعه شده واحدهای رسوبی پوشاننده کمپلکس ماهیرود و راستای تقریبی تنشهای بدست آمده منطقه بر روی تصویر ماهواره ای .



شکل ۱۴. تغییر رژیم های تکتونیکی منطقه مورد مطالعه (از کرتاسه تا عهد حاضر) متأثر از تکتونیک مناطق هم جوار و جهت یابی ساختارها متأثر از رژیم های تنشی متفاوت (بدون مقیاس).

جدول ۷- ارتباط بین حوادث تکتونیکی با ماگماتیسم منطقه ماهیرود

زمان زمین شناسی	رخداد های تکتونیکی	رخداد های ماگماتیسم
کرتاسه زیرین - فوقانی	فرورانش نئوتتیس به زیر اوراسیا و فرورانش بین اقیانوسی در راستای N، چین های نسل اول (D1) با محور های E-W	تشکیل و جایگزینی افیولیتها- ماگماتیسم نوع جزایر قوسی در اقیانوس نئوتتیس، گدازه ها و نفوی های کرتاسه.
پالئوسن، الیگو-میوسن	تغییر رژیم تکتونیکی فشارشی از N-S به جهت E-W، برخورد هند با اوراسیا و ادامه فرورانش به زیر حاشیه لوت و افغان، چین های تداخلی نسل دوم (D1) با محور های N-S	ماگماتیسم نفوذی و خروجی حاشیه و درون قاره ای، گدازه های منشوری
عهد حاضر	باز شدن دریای سرخ و همگرایی صفحه عربی به سمت ایران در راستای NW، تشکیل گسل های مزدوج: NE: راستبر و NW: چپ بر	گدازه های بازالتی آلکان مرتبط با گسلش امتداد لغز.



شکل ۱۵. مدل پیشنهادی تکامل جزایر قوسی موجود در اقیانوس نئوتتیس در زمان کرتاسه فوقانی (بدون مقیاس).

نتیجه گیری

باشد. تراست های بازمانده از حادثه قبلی در این مرحله خمیده شده و به همراه تراست های جدیدتر راستای کلی شمالی-جنوبی بخود گرفته اند. شیب اغلب آنها به همراه سطح محوری چین های برگشته، به سمت غرب می باشد. این پدیده کاملاً متفاوت از الگوی تکتونیکی تیرول و همکاران (۱۹۸۳) می باشد.

حادثه آخر (D_3) که همچنان ادامه دارد رخداد فشارشی بعد از برخورد است که در اغلب مکان ها در ایران با باز شدن دریای سرخ توضیح داده می شود. شکل گیری دو دسته گسلهای امتداد لغز مزدوج، گروه اول با روند NW و جنبش چپ لغز به مقدار قابل ملاحظه و گروه دوم با روند NE و جابجایی راستلغز کمتر، احتمالاً همزمان تا بعد از میوسن، ساختارهای قبلی را بخوبی بریده اند.

در واقع وقوع حداقل دو نسل متفاوت چین خوردگی در شرق ایران با نظریه رخداد ریفتینگ قاره ای سازگاری ندارد زیرا با توجه به وجود چین های عظیم برهم نهاده، سوالی اساسی مطرح می شود: آیا امکان دارد چینی ریفتی بصورت شرقی-غربی در

مطالعات ساختاری خصوصاً متمرکز بر روی سنگ های رسوبی پوشاننده کمپلکس ماهیرو، به سن کرتاسه تا اتوسن، پرده از رخدادهای متعدد دگرشکلی برداشته است.

اولین حادثه دگرشکلی پیشرونده (D_1)، حادثه قبل از برخورد بلوک های لوت و افغان و بسته شدن حوضه اقیانوسی سیستان، احتمالاً همزمان با فرورانش نئوتتیس و اضافه شدن مجموعه جزایر قوسی ماهیرو به حاشیه بلوک افغان بوقوع پیوسته است. سطح محوری چین های حاصل از این حادثه روند کلی شرقی-غربی دارند و طبیعتاً با تراست هایی با شیب به سمت شمال مشخص می شوند.

حادثه دوم دگرشکلی (D_2) در محدوده زمانی اواخر اتوسن-الیگوسن و همزمان با برخورد به وقوع پیوسته است. چین های حادثه قبلی در راستای شمالی-جنوبی مجدداً چین خورده و یک ساختار تداخلی چین خورده تپ I رمزی از نوع تشتک و گنبد را بوجود آورده اند. رخنمون منحصربفرد قارچی شکل شمال هماتفت، در واقع نوعی برش مایل از چین با ساختار تداخلی می

تحولات تکتونیکی را محدود به یک حوضه ریفتی باریک درون قاره ای دانست. از نظر ما، رخداد فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتیس به زیر صفحه اوراسیا و به زیر بلوک های لوت و افغان را متأثر از برخورد صفحه هند در زمان کرتاسه می داند بطوری که جزایر قوسی موجود در اقیانوس نئوتیس (نظیر کمپلکس ماهیرود) در اثر تکتونیک افزایشی (Accretion tectonic) به حاشیه فلات ایران و بلوک افغان اضافه شده اند.

شرق ایران باز شده باشد و در ادامه فعالیتش در جهت شمالی-جنوبی دچار فشردگی شده باشد؟
شواهد پترولوژیکی و ساختاری حاصل از مطالعات ما میان میدارد که محصولات رسوبی-ماگمایی متعلق به کمپلکس ماهیرود می بایست در یک پهنه فرورانش اقیانوسی به زیر اقیانوسی-اقیانوسی شکل گرفته باشد. چنین سیستم فرورانشی نیازمند حضور یک پهنه اقیانوسی بالغ و وسیع است و از این دیدگاه نمی توان چنین

منابع:

- کشتگر، ش. ۱۳۹۵. تاریخچه تکتونوماگمایی کمپلکس ولکانو-پلوتونیک ماهیرود: شرق سریشه، شرق ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی-تکتونیک، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- کشتگر، ش.، باقری، س.، بومری، م.، گرگیج، م. ۱۳۹۵. ژئوشیمی و خاستگاه تکتونیکی کمپلکس ولکانو-پلوتونیک ماهیرود: بقایایی از جزایر قوسی کرتاسه فوقانی در پهنه جوش خورده سیستان، مجموعه مقالات بیستمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تهران.
- کشتگر، ش.، باقری، س.، بومری، م.، ناکاشیما، ک. ۱۳۹۵. تحولات ساختاری کمپلکس ولکانو-پلوتونیک ماهیرود، شرق ایران، مجموعه مقالات چهارمین همایش انجمن زمین ساخت و زمین شناسی ساختاری ایران، ۱۹۵-۱۸۹.
- Arjmandzadeh, R., Karimpour, M.H., Mazaheri, S.A., Santos, J.F., Medina, J.M., Homam, S.M., 2011. Two-asymmetric subduction: implications for tectonomagmatic and metallogenic evolution of the Lut Block, eastern Iran, *J. Of Economic Geology*, Vol.1, 1-14.
- Bagheri, S., Aref Nejad, M., Yabaloui, M., 2009. Tectonic history of the Lut Block in Nehbandan area, Eastern Iran, Swiss geological Meeting, Neuchatel, Tectonic Session.
- Ewart, R. Schon, W., Chappell, B. W., 1992. The Cretaceous volcanic-plutonic province of the central Queensland (Australia) coast-a rift related 'calc-alkaline' province *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, Vol. 83, No. 1-2, pp. 327-345.
- Fleuty, M. J. 1964. The description of Folds. *Proceeding of the Geologists Association*, V. 75, 461-492.
- Fotoohi Rad, G.R., Droop, G.T.R., Amini, S., Moazzen, M., 2005. Eclogites and Blueschists of the Sistan Suture Zone, eastern Iran, *Lithos*,
- Vol.85, pp.1-24.
- Guillou, Y., Maurizot, P., De la Villcon, H., 1981. Mahrud Quadrangle map, Scale: 1/100000, Geological survey of Iran, Tehran.
- Heuberger, S., 2004. Kinematics of the Karakoram-Kohistan suture zone, chitral, NW Pakistan; PHD-thesis, University of Zurich, Swiss, 205 p.
- Karimpour M. H., Stern C. R., Farmer L., Saadat S., Malekezadeh A., 2011. Review of age, Rb-Sr geochemistry and petrogenesis of Jurassic to quaternary igneous rocks in Lut Block, Eastern Iran", *Journal of Geophysics*, 1, 19-36.
- Saccani, E., Delavari, M., Beccaluva, L., Amini, S., 2011, Petrological and geochemical constraints on the origin of the Nehbandan ophiolitic complex (eastern Iran): Implication for the evolution of the Sistan Ocean, *Lithos*. 117, 209-228.
- Siddiqui, M. R., 2004. Crustal evolution of Chagai-Raskoh arc terrane, Balochestan, Pakistan; PHD-thesis, University of Peshawar, Pakistan, 389 p.
- Simon, J. W., 2004, superposed buckle folding in the eastern Iberian chain, Spain; *Jurnal of structural geology*, vol. 26, 1447-1464.
- Thiessen, R.L., Means, W.D., 1980. Classification of fold interference patterns: a reexamination, *Jurnal of structural geology*, vol. 2, No.3, pp.311-316.
- Tirrul, R., Bell, R.J., and Camp, V.E., 1983. The Sistan suture zone of eastern Iran, *Geological Society of America Bulletin*, pp. 134-150.
- Williams, G. D. & Chapman, T. J., 1979. The geometrical classification of non-cylindrical folds. *Journal of Geology*, 1, 3.
- Zarrinkoub, M.H., Chung, S.-L., Chiu, H.-Y., Mohammadi, S. S., Khatib, M.M., Lin, I.-J., 2010, Zircon U-Pb age and geochemical constraints from the northern Sistan suture zone on the Neotethyan magmatic and tectonic evolution in eastern Iran. Abstract to GSA Conference on "Tectonic Crossroads: Evolving orogens in Eurasia-Africa-Arabia", Oct. 4-8, p. 520.