Archive of SID

فصلنامه زمین‌شناسی ایران، سال چهارم، شماره پانزدهم، پاییز ۱۳۸۹، صفحات ۳ـ۱۴

تحلیل و بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد انحنای طولی در تاقدیس زیرسطحی بی‌بی‌حکیمه (فروافتادگی دزفول، جنوب باختری ایران)

حمید مداحی[*و۱]، سید احمد علوی[۲]، ایرج عبداللهی فرد[۳]، حسن امیری بختیار[۴] و حسین طالبی[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

۲. دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

۳. مدیریت اکتشاف، شرکت ملی نفت ایران، تهران

۴. شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب، اهواز

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۲۰

تاریخ پذیرش: ۸۸/۷/۲۱

چکیده

حجم عمده‌ای از ذخایر هیدروکربنی ایران در نفت‌گیرهای تاقدیسی زاگرس، به‌ویژه در ناحیه فروافتاده دزفول واقع شده است. اگرچه روند کلی این ساختارها، شمال باختر – جنوب خاور، یعنی به موازات راندگی اصلی زاگرس است، اما بسیاری از آن‌ها در امتداد خود تغییر روندهایی را نشان می‌دهند و چین‌ها، سیمای زیگموییدال باز پیدا کرده‌اند. این انحنای محور، در تاقدیس‌های طویل‌تر بیشتر به چشم می‌خورد. افزایش میزان انحنای طولی تاقدیس، باعث افزایش تراکم شکستگی‌های کششی باز در کمان بیرونی این انحناها می‌شود. این شکستگی‌ها نقش عمده‌ای در افزایش میزان تولید و بهره‌دهی مخازن هیدروکربنی دارند. از این‌رو، در این پژوهش، به بررسی عوامل مؤثر بر انحنای طولی تاقدیس زیرسطحی بی‌بی‌حکیمه، واقع در ناحیه فروافتاده دزفول پرداخته شده است. بر این اساس، رشد و گسترش تاقدیس‌های مجزا و به‌هم آمیختن آن‌ها، نقش اصلی و اولیه را در ایجاد انحنای طولی تاقدیس بی‌بی‌حکیمه داشته است و هم زمان و یا بعد از آن، زون برشی حاصل از عمل کرد گسل‌های پی‌سنگی به همراه عمل‌کرد عوامل مکمل و کنترل‌کننده انحنای ناشی از فعالیت این گسل‌ها، در ایجاد انحنای طولی تاقدیس مؤثر بوده‌اند. تغییر روند و آهنگ لغزش متفاوت در راندگی بی‌بی‌حکیمه و تأثیر تاقدیس‌های مجاور، از دیگر عوامل مؤثر در ایجاد این پدیده هستند. در این پژوهش همچنین، مدلی سه بعدی از پی‌سنگ ناحیه فروافتاده دزفول، با نگرشی ویژه بر نحوه عمل کرد گسل‌های پی‌سنگی موجود در محدوده میدان نفتی بی‌بی‌حکیمه ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: تاقدیس زیرسطحی بی‌بی‌حکیمه، تنش برشی، انحنای طولی، فروافتادگی دزفول، گسل‌های پی‌سنگی.

مقدمه

کمربند چین‌خورده ساده زاگرس با پهنای ۱۵۰ تا ۲۵۰ کیلومتر، ناوهٔ[1] حاشیه‌ای و کراتونی سپر عربستان است که در مزوزوییک و سنوزوییک در حال فرو نشست پیوسته بود و توالی ستبر رسوبی در آن انباشته می‌شد. در این پهنه، رخنمونی از سنگ‌های پرکامبرین دیده نمی‌شود و حفاری‌های نفتی نیز تاکنون به پی‌سنگ نرسیده است. با توجه به بررسی‌های ژئوفیزیکی، باور بر این است که پی‌سنگ پرکامبرین زاگرس ادامهٔ شمال –

* نویسنده مرتبط hamidmaddahi@gmail.com

1. Trough

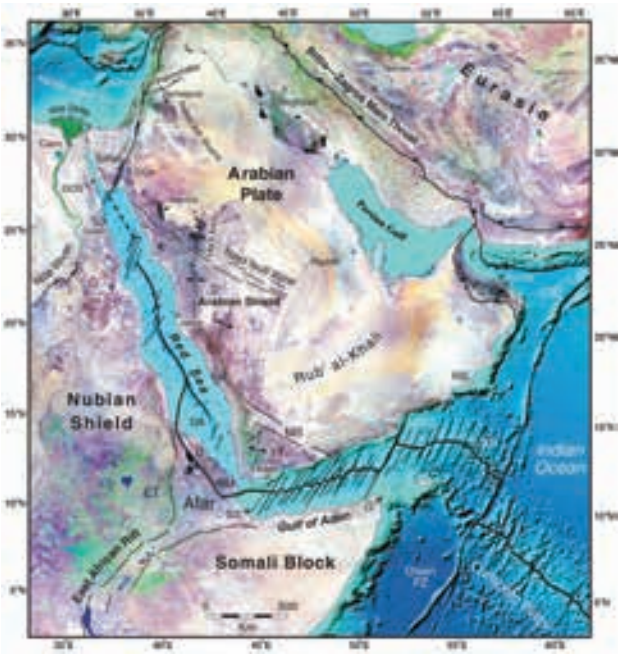
www.SID.ir

Archive of SID

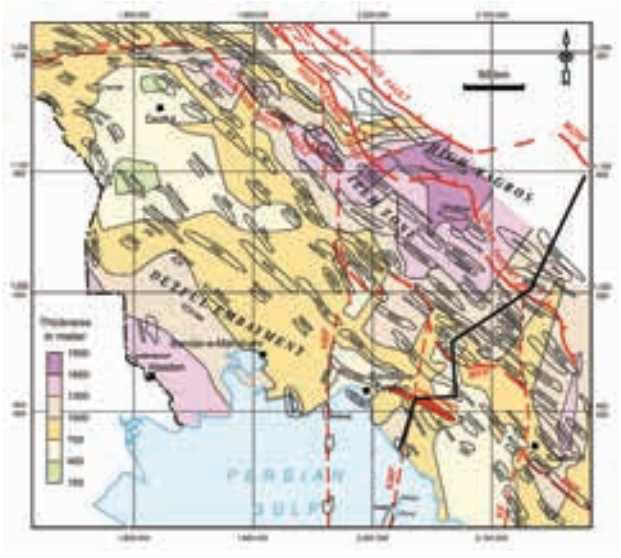
شمال‌خاوری سپر نوبی – عربی[1] است که از شمال خاور آفریقا تا عربستان و حتی در زیر حوضهٔ زاگرس ادامه دارد (آقانباتی، ۱۳۸۳) (شکل۱–الف). فروافتادگی دزفول[2] که به‌عنوان یکی از زیرپهنه‌های زاگرس چین‌خورده، در جنوب باختر زون راندگی‌ها قرار دارد، از دیدگاه زمین‌شناسی نفت اهمیت زیادی دارد و بیشتر مخازن نفتی ایران در این ناحیه قرار گرفته است. این فروافتادگی، میان سه پدیدهٔ مهم ساختاری زون خمشی (چپ‌گرد) بالارود، زون خمشی جبههٔ کوهستانی، زون خمشی – گسلی (راست‌گرد) کازرون جای داشته و تقریباً هیچ رخنمونی از سازند آسماری در آن وجود ندارد (شکل۱– ب). در این زیر پهنه، پوشش رسوبی روی پی‌سنگ، به‌صورت تاقدیس‌ها و ناودیس‌های کشیده، در راستای شمال باختر– جنوب خاور چین خورده‌اند.

به‌طورکلی، طول تاقدیس‌های زاگرس بین ۶ تا ۲۰۰ کیلومتر، پهنای آن‌ها بین ۳ تا ۳۰ کیلومتر و نسبت پهنا به درازا از ۱:۲ تا ۱:۲۰ متغیر است (مطیعی، ۱۳۷۴). این تاقدیس‌ها به احتمال زیاد توسط گسل‌های رانده از نوع گسل‌های انتشاری، خمشی و یا گسل‌های نرمالی که با جابه‌جایی معکوس دوباره فعال شده‌اند، به وجود آمده‌اند (Jamison, 1987). اگرچه روند کلی این ساختارها، شمال باختر– جنوب خاور، یعنی به موازات راندگی اصلی زاگرس است، اما بسیاری از آن‌ها در امتداد خود تغییر روندهایی را نشان می‌دهند و چین‌ها سیمای زیگموییدال باز پیدا کرده‌اند. این انحنای محور، در تاقدیس‌های طویل‌تر بیشتر به چشم می‌خورد. میزان انحراف محور در این تاقدیس‌ها، از ۵ الی ۸۰ درجه تغییر می‌کند. برای نمونه تاقدیس رگ سفید که در شمال باختری تاقدیس بی‌بی‌حکیمه واقع است، به علت انحنای محوری بالا، شکلی شبیه بومرنگ پیدا کرده است (شکل۱– ب). افزایش میزان انحنای طولی تاقدیس، باعث افزایش تراکم شکستگی‌های برشی بسته در کمان درونی و شکستگی‌های کششی باز در کمان بیرونی این انحناها شده است (مطیعی، ۱۳۷۴). این شکستگی‌ها، اخیر، نقش بسزایی در افزایش میزان تولید و بهره‌دهی مخازن هیدروکربنی دارند. بنابراین، در بررسی شکستگی‌های یک تاقدیس، انحنای محور ساختاری عامل بسیار مهمی به شمار می‌آید. از این‌رو میزان انحراف محور در روابطی همچون RFF (که برای تعیین آهنگ شکستگی به کار می‌رود)، محاسبه می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۷).

بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد انحنای طولی در تاقدیس‌های زاگرس، از دیرباز مورد توجه بسیاری از محققان بوده است. (از جمله لتوزی و همکاران، ۱۳۷۹؛ عبداالهی فرد، ۱۳۸۵). شناسایی این عوامل، به درک بیشتر و دقیق‌تر زمین‌ساخت منطقه، نحوه عمل کرد قطعات پی‌سنگی، تفسیر پدیده‌های زمین‌شناختی و شناسایی ساختارهای پنهان همچون گسل‌های زیرسطحی و پی‌سنگی کمک قابل توجهی خواهد کرد. بدین منظور، با استفاده از روش دایره محاطی[3]، بازسازی محور اولیه ساختار و مشتق‌گیری ریاضی از نقشه ساختاری زیرسطحی مربوط به افق مخزنی آسماری، همچنین رسم برش‌های عرضی ساختاری در طول میدان و عمود بر محور تاقدیس، نواحی دارای بیشترین شیب و انحنای شناسایی شده و سپس به تحلیل و بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد انحنای



الف



ب

شکل۱– الف) پی‌سنگ پرکامبرین زاگرس، ادامهٔ شمال – شمال خاوری سپر نوبی – عربی است که از شمال خاور آفریقا تا عربستان و حتی در زیر حوضهٔ زاگرس ادامه دارد (Bosworth et al., 2005). ب) موقعیت میدان نفتی بی‌بی‌حکیمه در فروافتادگی دزفول. KF: گسل کازرون، BF: گسل بالارود، KMF: گسل خارگ – میش، HBF: گسل هندیجان – بهرگانسر (Sherkati and Letovzey, 2004)

1. Arabian – Nubian Shield
2. Dezful Embayment
3. Inscribed Circle method

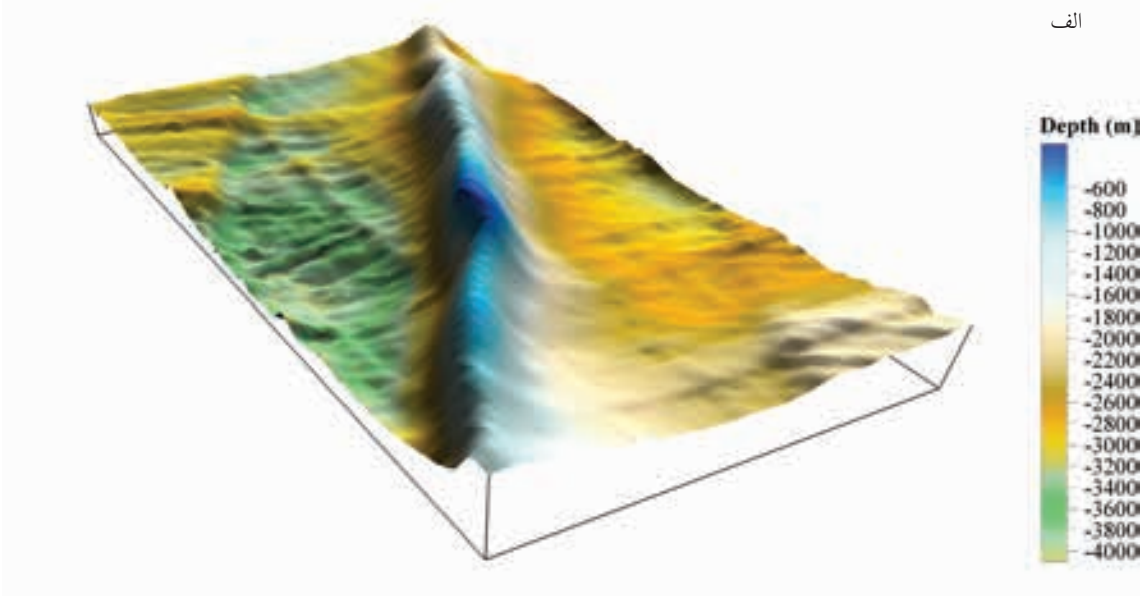
www.SID.ir

Archive of SID

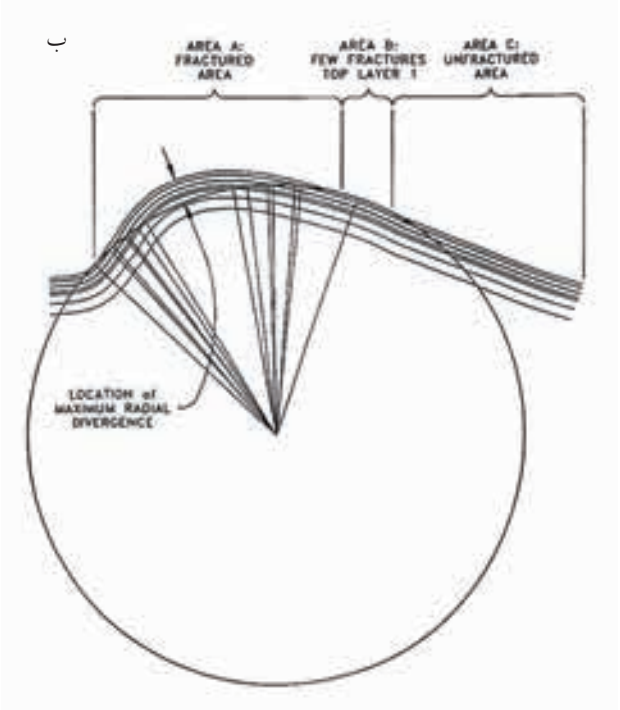
طولی در تاقدیس زیرسطحی بی‌بی‌حکیمه، که یکی از میدان‌های بزرگ نفتی موجود در جنوب باختری ایران است، پرداخته شده است. این میدان با روند باختر، شمال باختر – خاور، جنوب خاور در حاشیه خاوری فروافتادگی دزفول واقع شده و از آخرین تاقدیس‌های کشیده و نامتقارن کمربند چین‌خورده زاگرس به شمار می‌آید (شکل۱– ب). روند ساختار بی‌بی‌حکیمه تا حد با روند چیره ساختارهای کمربند چین‌خورده زاگرس متفاوت بوده و کمی متمایل به باختر است. این پدیده در بخش‌های خاوری میدان‌های رگ‌سفید و پازنان نیز دیده می‌شود و می‌تواند ناشی از تأثیر یک فاز زمین‌ساختی جوان‌تر در این محدوده از جنوب باختری ایران باشد (Verrall, 1978).

روش مطالعه

با توجه به مدل‌سازی سه بعدی انجام شده برای رأس مخزن آسماری (شکل۲–الف)، که بالاترین افق مخزنی در میدان بی‌بی‌حکیمه بوده و بر اساس خصوصیات پتروفیزیکی و سنگ‌شناختی، به چهار زون مختلف تقسیم شده است، حداقل دوکوهانه[1] در بخش‌های جنوب خاوری و تقریباً مرکزی میدان وجود دارد. این مدل چندین انحنای محوری را نیز در ساختار میدان نشان می‌دهد. پس از رسم بهترین دایره مماس بر انحناءهای مختلف و محاسبه شعاع دایره در هر انحنای، کوچک‌ترین شعاع، که به معنای بیشترین میزان انحنا در محور ساختار است، تقریباً در محل کوهانه اصلی ساختار واقع در محدوده جنوب خاوری تا



شکل۲– الف) مدل‌سازی سه بعدی رأس مخزن آسماری در میدان نفتی بی‌بی‌حکیمه (مداحی و همکاران، ۱۳۸۷).



ب) چگونگی رسم و محاسبه میزان تغییرات خمش عرضی به روش دایره محاطی (Intera Company, 1992)

1. Culmination

www.SID.ir

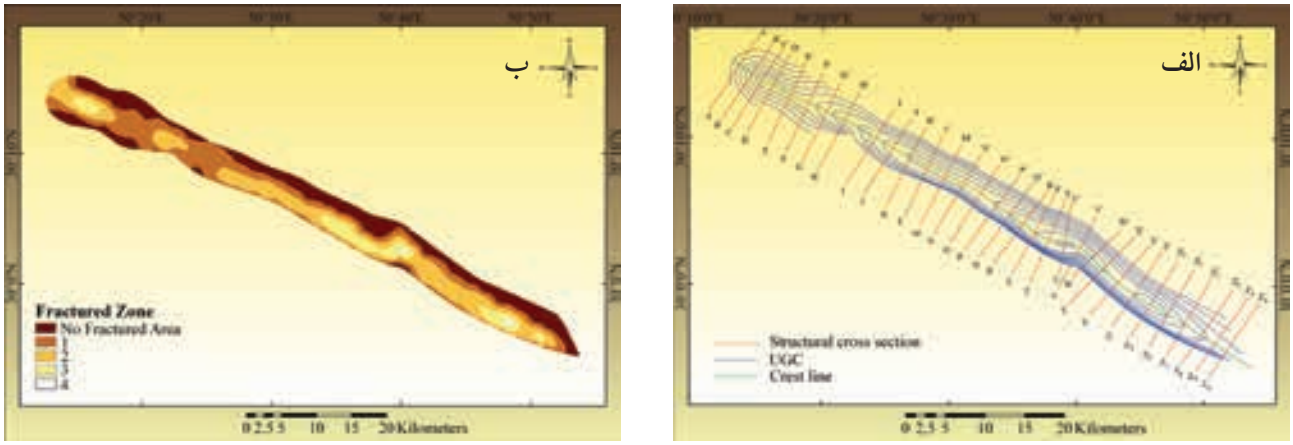
Archive of SID

مرکزی میدان بی‌بی‌حکیمه مشخص شده است.

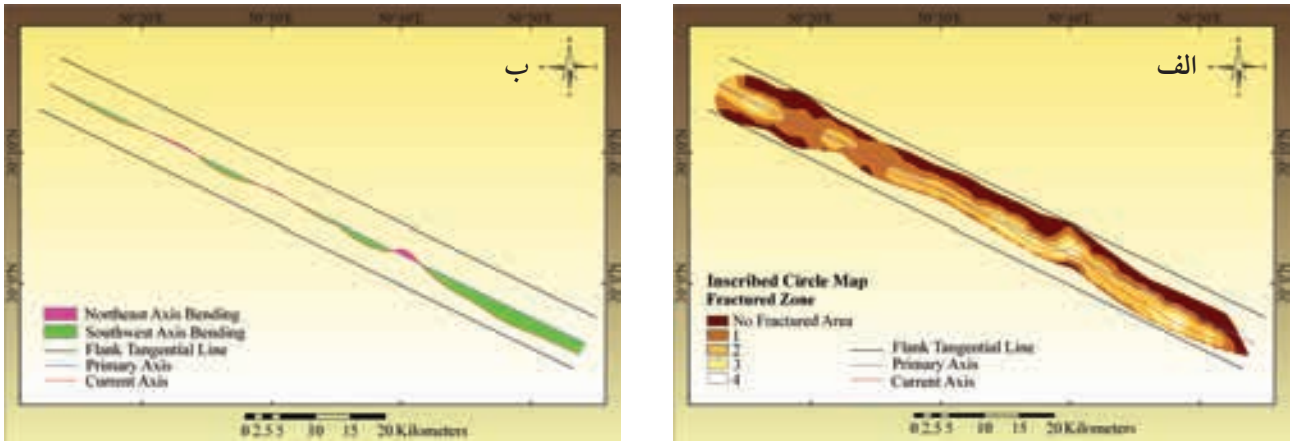
در این پژوهش، بر روی جدیدترین نقشه خطوط تراز زیر سطحی[1] (NISOC, 2007) مربوط به افق مخزنی آسماری، ۳۲ برش عرضی ساختاری در طول میدان و عمود بر محور تاقدیس رسم و سپس زون‌های[2] مختلف مخزنی از رأس تا قاعده مخزن بر روی این برش‌ها رسم شده است. سپس، دوایر محاطی به صورت مماس با نقاط عطف یال‌های ساختار رسم شده‌اند (شکل۲- ب). در نهایت، محل برخورد این دوایر با سر زون‌های مختلف، برداشت و بر روی نقشه پایه[3] میدان پیاده شده و نقشه هم‌ارزش حاصل از این نقاط تهیه گردید (شکل۳) (مداحی و همکاران، ۱۳۸۷).

پس از آن، اقدام به رسم مماس‌هایی برروی آخرین منحنی تراز زیرسطحی بسته میدان، در افق مخزنی آسماری شده است. سپس محور اولیهٔ[4] ساختار، با رسم خط میانه‌ای که دارای فاصله مساوی از پایانه‌های این دو خط است بازسازی شده و با موقعیت محور کنونی[5] آن، مورد مقایسه قرار گرفته است تا میزان و جهت جابه‌جایی محور کنونی از حالت اولیه مشخص شود. لازم به ذکر است، محور کنونی ساختار با رسم خط گذرا از نقاط دارای حداکثر خمش عرضی برروی نقشه حاصل از روش دایره محاطی به‌دست آمده است.

بر این اساس، بیشترین میزان جابه‌جایی و انحراف محور، در نیمه جنوب خاوری میدان مشخص شده است. محدوده‌های جابه‌جا شده، نواحی مستعد در توسعه شکستگی‌های کششی ناشی از انحنای محوری ساختار را نشان می‌دهد (شکل۴). علاوه بر این، پس از رسم این برش‌های عرضی بر روی رأس مخزن آسماری، زاویه شیب یال‌ها و زاویه بین یالی تاقدیس زیرسطحی بی‌بی‌حکیمه، در این افق مخزنی نیز محاسبه شده است (جدول۱).



شکل۳- الف) موقعیت برش‌های عرضی تهیه شده برروی رأس مخزن آسماری در میدان بی‌بی‌حکیمه ب) نقشه حاصل از روش دایره محاطی که نواحی مستعد توسعه شکستگی‌های کششی ناشی از چین‌خوردگی (خمش عرضی) را در زون‌های مختلف مخزن آسماری نشان می‌دهد. بر این اساس، بیشترین آهنگ دگرشکلی، در نیمه جنوب باختری میدان رخ داده است.



شکل۴- الف) بازسازی محور اولیهٔ ساختار بی‌بی‌حکیمه در افق مخزنی آسماری، با استفاده از نقشهٔ حاصل از روش دایره محاطی. ب) تعیین میزان و جهت جابه‌جایی محور کنونی از حالت اولیه که نواحی مستعد توسعه شکستگی‌های کششی ناشی از انحنای محوری ساختار را نشان می‌دهد.

1. UGC map
2. Top of zone
3. Base map
4. First derivative map

www.SID.ir

Archive of SID

بر این اساس و با توجه به نقشه مشتق اول[1] حاصل از مشتق‌گیری ریاضی از نقشه ساختاری زیرسطحی مربوط به مخزن آسماری (شکل ۵)، می‌توان دریافت که ساختار بی‌بی‌حکیمه در بخش‌های مرکزی و جنوب خاوری نامتقارن بوده و در شمال باختر به‌تدریج متقارن می‌شود. همچنین، بیشترین میزان شیب یال‌ها در این مخزن مربوط به یال جنوب باختری در بخش جنوب خاوری و مرکزی آن است. با وجود این، در بخش‌هایی از انتهای شمال باختریِ میدان، این بی‌تقارنی معکوس شده و یال شمال‌خاوری شیب نسبتاً بیشتری می‌یابد. بر اساس زاویه بین یالی، این تاقدیس در نواحی شمال باختری در محدوده چین‌های ملایم[2] قرار گرفته است و در نواحی مرکزی و جنوب خاوری به نوع باز[3] و در محدوده کوچکی از انتهای جنوب خاوری نیز مجدداً به نوع ملایم تبدیل شده است.

جدول۱- محاسبه زوایای شیب یال شمال خاوری، جنوب باختری و زاویه بین یالی در برش‌های عرضی رسم شده بر رأس مخزن آسماری که در شکل (۳-الف) نشان داده شده است.

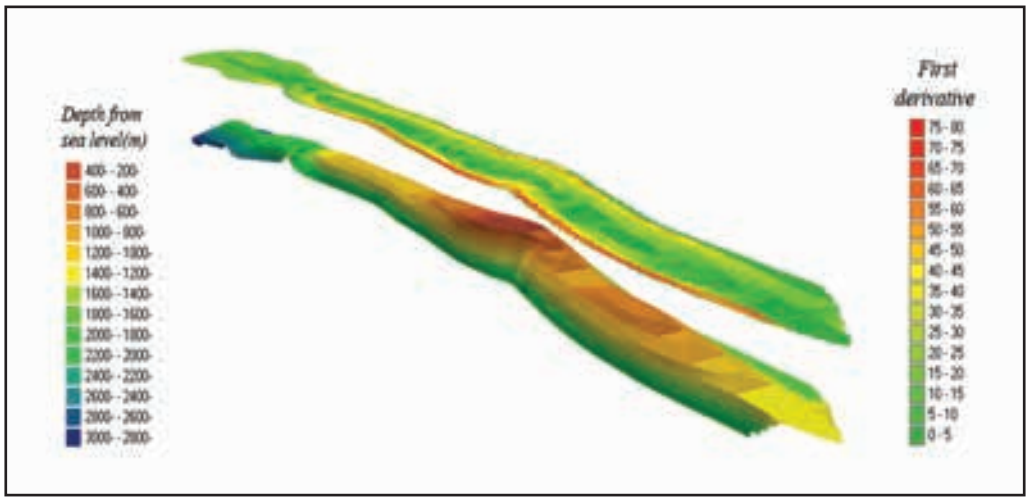
برش عرضی	زاویه یال شمال خاوری	زاویه یال جنوب باختری	زاویه بین یالی
A-A'	**9**	**11**	**160**
B-B'	20	17	143
C-C'	25	21	134
D-D'	24	19	137
E-E'	17	20	143
F-F'	16	18	146
G-G'	14	26	140
H-H'	19	39	122
I-I'	25	34	121
J-J'	29	29	122
K-K'	33	46	101
L-L'	35	59	86
M-M'	**40**	56	84
N-N'	34	56	90
O-O'	33	59	88
P-P'	34	62	84
Q-Q'	35	61	84
R-R'	32	**75**	73
S-S'	35	**75**	**70**
T-T'	32	71	77
U-U'	30	64	86
V-V'	33	45	102
W-W'	33	46	101
X-X'	29	68	83
Y-Y'	27	62	91
Z-Z'	28	56	96
Z1-Z'1	29	56	95
Z2-Z'2	22	72	86
Z3-Z'3	18	64	98
Z4-Z'4	13	63	104
Z5-Z'5	13	64	103
Z6-Z'6	13	41	126
میانگین	25.90625	48.59375	105.5

(اعداد پررنگ،کمترین و بیشترین مقادیر را نشان می‌دهند)

1. First derivative map
2. Gentel
3. Open

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۵ – نقشه مشتق اول رأس مخزن آسماری همراه با مدل سه بعدی این مخزن در میدان نفتی بی‌بی‌حکیمه.

بحث

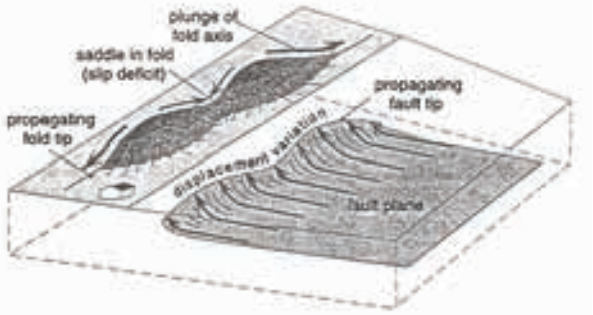
همان‌گونه که عنوان شد، تاقدیس زیرسطحی بی‌بی‌حکیمه در طول ساختار خود دچار چندین انحنای محوری شده است و بیشترین میزان انحنای در محور ساختار، تقریباً در محل کوهانه اصلی واقع در محدوده جنوب‌خاوری تا مرکزی میدان مشخص شده است. این انحناهای طولی می‌تواند متأثر از عوامل مختلف زمین‌ساختی و زمین‌شناختی باشد. در ادامه به تحلیل و بررسی هر یک از این عوامل احتمالی و نحوه عمل کرد و تأثیر هر کدام از آن‌ها پرداخته شده است.

انحنای محوری در تاقدیس زیرسطحی بی‌بی‌حکیمه و عوامل احتمالی مؤثر بر آن

تغییر روند و آهنگ لغزش متفاوت در راندگی بی‌بی‌حکیمه

در این پژوهش، پس از بررسی نیمرخ‌های لرزه‌ای دو بعدی مربوط به میدان نفتی بی‌بی‌حکیمه، مشخص شده است که این تاقدیس از نوع چین‌های مرتبط با گسل[1] است. مسلماً یک گسل به طول ده‌ها کیلومتر، به‌شکل یک خط کاملاً مستقیم نیست و در امتداد خود به‌دلایل مختلفی همچون تغییر ترکیب سنگ‌شناختی سنگ میزبان، دچار تغییر روند (انحنا) شده است، علاوه بر آن، زاویه شیب متفاوتی را نیز در فواصل مختلف از خود نشان می‌دهد. آشکار است که این تغییر روند گسل، خود باعث ایجاد انحنای طولی در تاقدیس حاصل از آن می‌شود. همچنین آهنگ لغزش متفاوت این گسل رانده که خود می‌تواند ناشی از زاویه شیب متفاوت آن در بخش‌های مختلف باشد نیز موجب اختلاف در زاویه شیب یال‌ها، شدت چین‌خوردگی، پهنای چین و در نتیجه ایجاد انحنای ظاهری در طول ساختار تاقدیس می‌شود. هر چه شیب راندگی بیشتر باشد، آهنگ لغزش آن کمتر و هر چه مقدار این شیب کمتر باشد، آهنگ لغزش بیشتر خواهد بود.

که تغییر آهنگ لغزش در گسل‌های رانده زیرسطحی، در شدت بالاآمدگی و چین‌خوردگی تاقدیس بالایی آن مؤثر است. دماغه میل چین در بالای پایانه گسل و در جایی‌که چین‌خوردگی رو به افول می‌گذارد و کوهانه‌ها در بالای بازه‌هایی از گسل که دارای آهنگ لغزش بیشتر هستند، ایجاد می‌شوند. ساختارهای زین‌اسبی نیز نشان‌دهنده بازه‌هایی از گسل هستند که آهنگ لغزش کمتری دارند (شکل۶). تداوم عمل‌کرد این گسلش، موجب ایجاد چین‌هایی می‌شود که دارای پایانه‌های از دو سو مایل هستند (Burbank and Anderson, 2001). این پدیده در بیشتر ساختارهای موجود در پهنه فروافتاده دزفول قابل مشاهده است.



شکل۶– گسترش جانبی راندگی زیرسطحی باعث توسعه چین‌خوردگی در پوشش رسوبی بالایی می‌شود. آهنگ لغزش متفاوت این گسل، در شدت بالاآمدگی و چین‌خوردگی تاقدیس بالایی آن مؤثر است (Burbank and Anderson, 2001).

1. Fault related folds

www.SID.ir

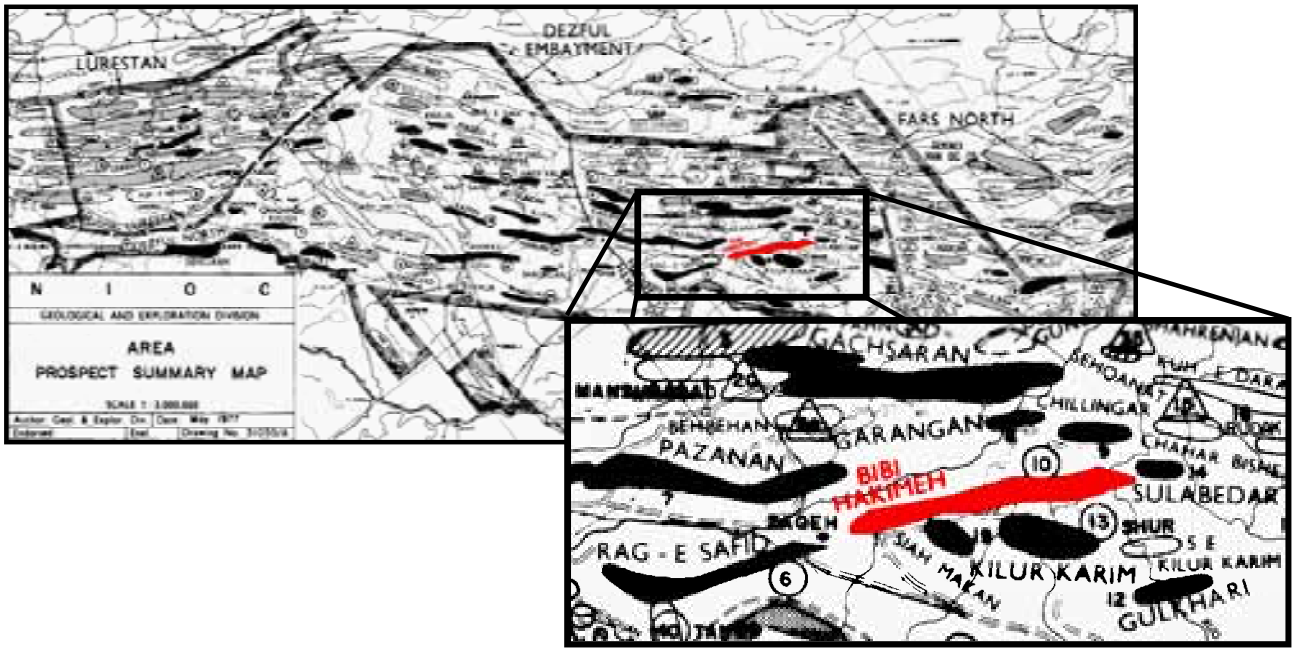
Archive of SID

تأثیر تاقدیس‌های مجاور

میدان بی‌بی‌حکیمه از شمال باختر به میدان رگ سفید، از جنوب خاور به میدان سولابدر و از جنوب باختر به میدان‌های کیلورکریم و سیاه‌مکان منتهی شده است (شکل۷). یقیناً، رشد و تکامل هر یک از این ساختارها متأثر از دیگر ساختارهای مجاور خود بوده و به طور متقابل، بر تکامل و دگر شکلی آن ساختارها نیز تأثیرگذار است. همان‌گونه که عنوان شد، تاقدیس بی‌بی‌حکیمه به‌عنوان یکی از تاقدیس‌های کمربند چین‌خورده زاگرس و از نوع چین‌های مرتبط با گسل‌های رانده است. عمل کرد پیش‌رونده این گسل‌ها، همراه با ادامه هم گرایی دو صفحه عربی و ایران مرکزی، با گذشت زمان باعث ادامه روند چین‌خوردگی و رشد مضاعف چین خواهد شد. اما وجود تاقدیس‌های سولابدر و رگ‌سفید در امتداد تاقدیس بی‌بی‌حکیمه و در دو سوی انتهایی آن می‌تواند به‌عنوان مانعی[1] در ادامه رشد جانبی این تاقدیس عمل کند. در نتیجه، در اثر اعمال نیروهای فشارشی که از تاقدیس بی‌بی‌حکیمه به دو تاقدیس مذکور وارد می‌شود، همچنین توجه به طویل‌تر بودن محور بی‌بی‌حکیمه نسبت به دو ساختار دیگر و در نظر گرفتن موقعیت مکانی دو تاقدیس کیلورکریم و سیاه مکان در جنوب باختری این میدان (که در ادامه توضیح داده شده است)، چندین انحنای طولی در ساختار بی‌بی‌حکیمه پدیدار شده است.

در امتداد یال جنوب باختری تاقدیس بی‌بی‌حکیمه، گسل بزرگی با شیب مایل به سمت شمال خاور وجود دارد که سبب رانده شدن این میدان به‌سمت جنوب باختر شده است. وجود میدان‌های کیلورکریم و سیاه مکان در جنوب باختری این میدان، باعث کاهش آهنگ راندگی در مناطقی از طول میدان بی‌بی‌حکیمه (دو تاقدیس مذکور) شده است. به‌عبارتی، وجود این دو میدان موجب شده است تا نیروی فشارشی وارد بر این قسمت‌های میدان، صرف افزایش شیب در یال‌ها شود و آهنگ حرکت بر روی راندگی جنوب باختری در این قسمت‌ها، کمتر از دیگر قسمت‌های میدان باشد. این در حالی است که در دیگر بخش‌های میدان که چنین موانعی وجود ندارد، نیروهای فشارشی بیشتر صرف راندگی تاقدیس به سمت جنوب باختر می‌شود. در نتیجه، می‌توان شاهد یک سری انحناهای طولی در تاقدیس بی‌بی‌حکیمه بود. کمان درونی این انحناها کاملاً منطبق بر محل وجود دو تاقدیس کیلورکریم و سیاه‌مکان است و می‌تواند تأییدی بر گفته‌های بالا باشد (شکل۷).

از سوی دیگر، رشد تاقدیس‌های مجاور نیز، خود می‌تواند در انحنای طولی تاقدیس بی‌بی‌حکیمه مؤثر باشد. بیانی، رشد جانبی تاقدیس‌های سولابدر و رگ‌سفید در دو سوی انتهایی این تاقدیس و همچنین تاقدیس‌های کیلورکریم و سیاه‌مکان در جنوب‌باختری آن، باعث اعمال فشارش بر تاقدیس بی‌بی‌حکیمه شده و برایند این نیروها، با توجه به طویل‌تر بودن تاقدیس بی‌بی‌حکیمه، باعث ایجاد انحنای طولی آن موجب شده است. بنابراین، انحنای محوری تاقدیس بی‌بی‌حکیمه را در مجموع می‌توان تلفیقی از دو حالت فوق دانست. به‌عبارت دیگر، وجود تاقدیس‌های مجاور به عنوان موانعی در رشد ساختار بی‌بی‌حکیمه از یک سو، و رشد چین‌خوردگی در این تاقدیس‌ها به همراه اعمال نیروی فشارشی ناشی از آن بر ساختار بی‌بی‌حکیمه از سوی دیگر، انحنای طولی این تاقدیس را به‌دنبال داشته است.



شکل۷- موقعیت میدان نفتی بی‌بی‌حکیمه همراه با میدان‌های مجاور در فروافتادگی دزفول (NIOC, 1977). کمان داخلی انحناهای طولی در ساختار بی‌بی‌حکیمه کاملاً منطبق بر محل وجود دو تاقدیس کیلورکریم و سیاه‌مکان در جنوب باختری این تاقدیس است.

1. Obstacle

www.SID.ir

Archive of SID

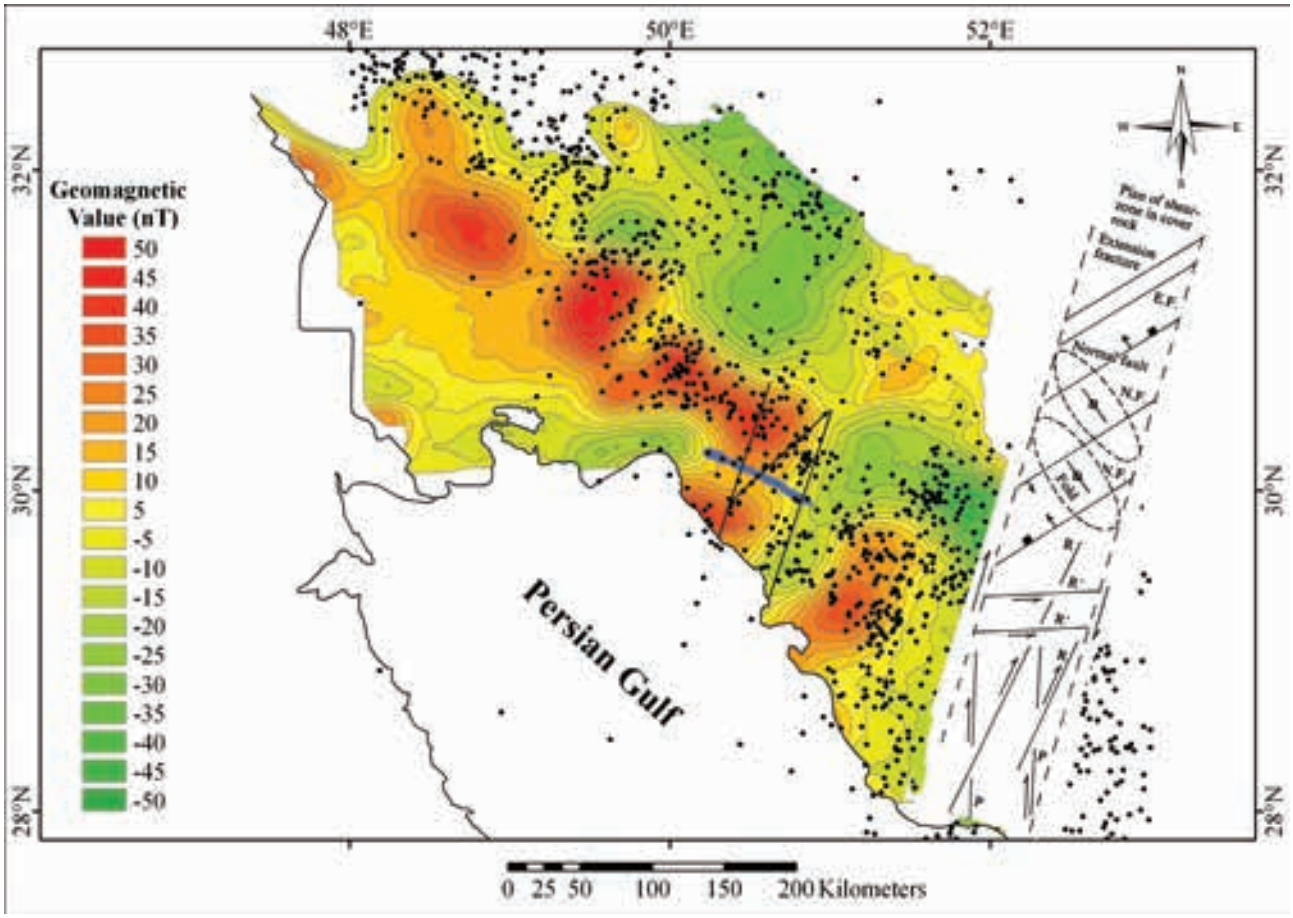
عملکرد گسل‌های پی‌سنگی

یکی دیگر از عواملی که در انحنای محوری تاقدیس زیرسطحی بی‌بی‌حکیمه مؤثر است، سازوکار خاصی از تنش برشی است که به‌وسیله گسل‌های پی‌سنگی کنترل می‌شود. عمل‌کرد این گسل‌ها (ناشی از هم‌گرایی دو صفحه عربی و ایران مرکزی) همراه با نقش کنترلی دیگر عوامل، انحنای طولی این تاقدیس را به‌دنبال داشته است. به عقیده مطیعی (۱۳۷۴) گسل‌های پی‌سنگی در انحنای شدید محور تاقدیس‌هایی همچون رگ‌سفید و اهواز در ناحیه فرو افتاده دزفول و تاقدیس‌های گیسکان و سربالش (که در حوالی گسل کازرون واقع شده‌اند) نقش داشته‌اند.

تعدادی از مؤلفان نیز معتقدند که قطعه‌های پی‌سنگی، علاوه بر دخالت در ایجاد ساختارهای بزرگ ناحیه زاگرس، در شکل‌گیری ساختار کوچک‌تر، همچون تاقدیس‌ها و انحنای محوری موجود در آن‌ها نیز نقش دارند. (Faver, 1975; Kent, 1978; Player, 1969; Falcon, 1961) (Ameen, 1992) نیز بر این باور است که حرکت قطعه‌های بزرگ پی‌سنگی، که خود به وسیله گسل‌های طولی و عرضی به قطعه‌های کوچک‌تری تقسیم شده‌اند، موجب رخداد بالا آمدگی‌ها و پایین‌افتادگی‌ها در طی زمان شده است. این مسئله در مدل سه‌بعدی پی‌سنگ ناحیه فروافتاده دزفول که در این پژوهش تهیه شده است نیز به روشنی قابل مشاهده است.

مطالعه ژئومغناطیس پی‌سنگ

در این پژوهش، با استفاده از نقشه انطباق‌یافته ژئومغناطیس ایران (طباطبایی، ۱۳۷۰)، مدل سه‌بعدی پی‌سنگ در منطقه مورد مطالعه تهیه شده است (شکل۸- الف). بر اساس این مدل، در فروافتادگی دزفول چند ساختار مورب نسبت به روند کلی زاگرس وجود دارد. این ساختارها، سه برجستگی[1] یا بلندای قدیمی[2] کنترل شده به‌وسیله گسل‌های عمیق پی‌سنگی، با روند شمال، شمال‌خاور- جنوب، جنوب باختر، به‌نام‌های بلندای هفتگل، بلندی هندیجان و بلندای خارگ - میش هستند.

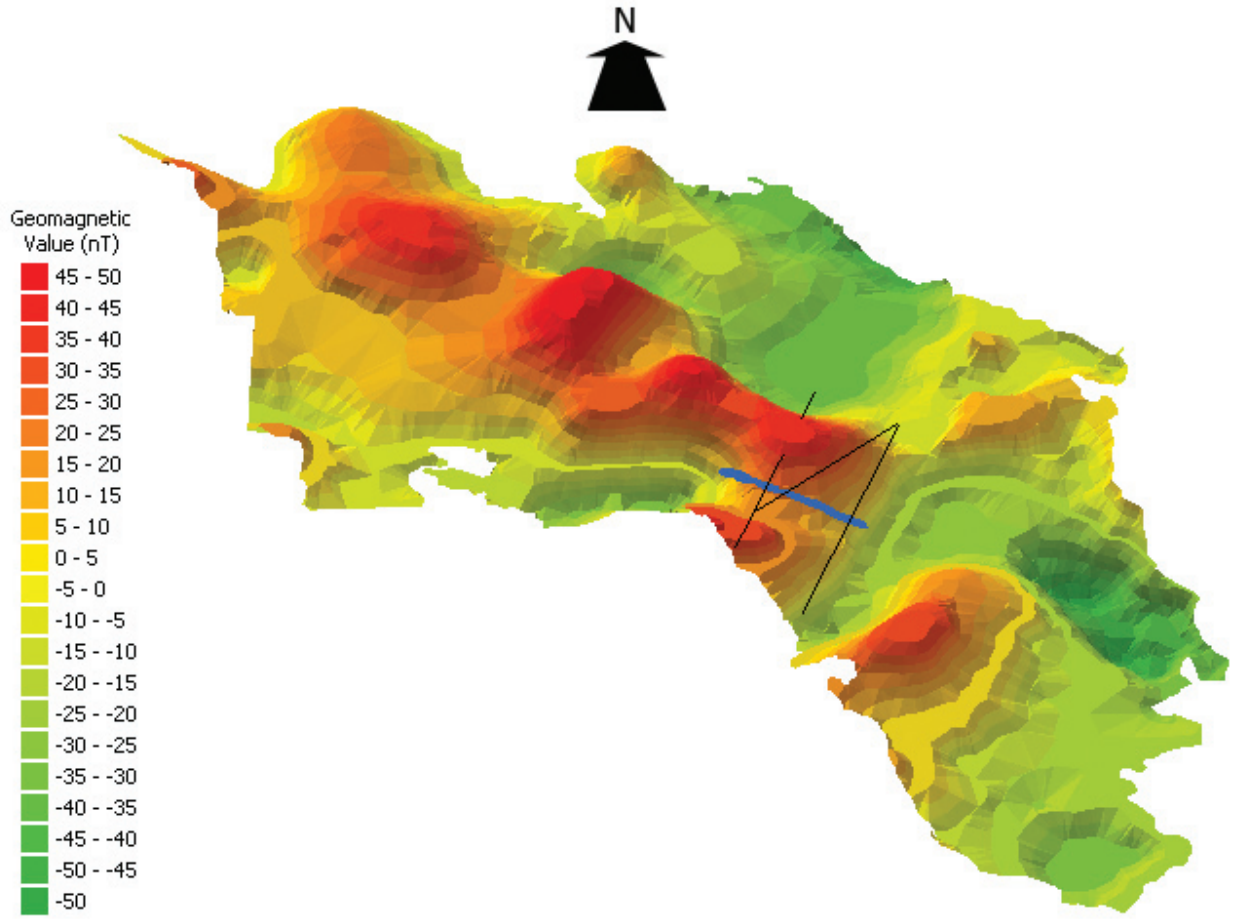


شکل۸-الف) انطباق میدان بی‌بی‌حکیمه همراه با کانون‌های لرزه‌ای بر روی نقشه انطباق‌یافته ژئومغناطیس پی‌سنگ (طباطبایی، ۱۳۷۰) در فروافتادگی دزفول و نواحی اطراف. گسل‌های راستالغز راست‌گرد و شکستگی ریدل شناسایی شده در منطقه مورد مطالعه، هم‌خوانی خوبی با مدل ارائه شده توسط (Price and Cosgrove, 1990) در گوشه تصویر نشان می‌دهد. تفاوت روند ساختار بی‌بی‌حکیمه نسبت به چین‌های موجود در این مدل، به عقیده Verrall (1978) می‌تواند ناشی از تأثیر یک فاز زمین ساختی جوان‌تر در این محدوده از جنوب‌باختری ایران باشد.

1. Salient
2. Palaeo High

www.SID.ir

Archive of SID



ب) مدل سه‌بعدی پی‌سنگ در فروافتادگی دزفول و نواحی اطراف، همراه با انطباق میدان بی‌بی‌حکیمه و گسل‌های شناسایی شده بر روی آن.

در این بین، بلندای خارگ – میش با سازوکار راست‌گرد، در منطقه مورد مطالعه واقع شده و از زیر میدان بی‌بی‌حکیمه عبور می‌کند. افزون بر این، یک گسل راستالغز راست‌گرد دیگر نیز در انتهای جنوب خاوری میدان تشخیص داده شده است. همچنین، کانون زمین لرزه‌هایی که بین سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۰۹ و با بزرگای بیش از ۳ ریشتر در محدوده فروافتادگی دزفول روی داده است، بر روی نقشه پی‌سنگ پیاده شده‌اند (شکل۸– الف). بر این اساس، مجموعه‌ای از روندهای خطی از نواحی پرتراکم زمین‌لرزه تشخیص داده شده است. این روندهای خطی، منطبق بر گسل‌های پی‌سنگی تشخیص داده شده در منطقه مورد مطالعه بوده و می‌تواند باعث قوت بخشیدن به نظریه وجود این گسل‌ها در منطقه باشد.

عملکرد گسل موجود در انتهای جنوب خاوری میدان، همراه با عملکرد بلندای خارگ – میش، می‌تواند با ایجاد یک زون برشی راست‌گرد، باعث ایجاد انحنای محوری این تاقدیس شده باشد. همچنین، با مشاهده روندهای خطی در کانون‌های لرزه‌ای، یک گسل احتمالی دیگر که در مرکز میدان و به‌صورت مورب نسبت به دو گسل مذکور محور تاقدیس را قطع کرده است، تشخیص داده شده است. این روند خطی می‌تواند شکستگی ریدل این دو گسل راست‌گرد باشد. برخی محققان به تشکیل ساختارهای حاصل از عمل‌کرد گسل‌های راستالغز پی‌سنگی در پوشش رسوبی بالایی آن‌ها اشاره کرده‌اند (Price and Cosgrove, 1990 and Stephenson et al., 2007) (شکل۸– ب). عملکرد گسل‌های راستالغز پی‌سنگی، می‌تواند باعث انحنای طولی تاقدیس رویی آن‌ها و نیز تغییر جهت بی‌تقارنی (تغییر جهت شیب سطح محوری) در امتداد تاقدیس و در قطعه‌های دو طرف گسل شود (Oliver, 1986). این موضوع با رسم مجموعه‌ای از برش‌های عرضی در طول تاقدیس به خوبی نشان داده (شکل ۹). این مسئله با توضیح ارائه شده در مورد میدان بی‌بی‌حکیمه کاملاً انطباق دارد (شکل۵ و جدول ۱).

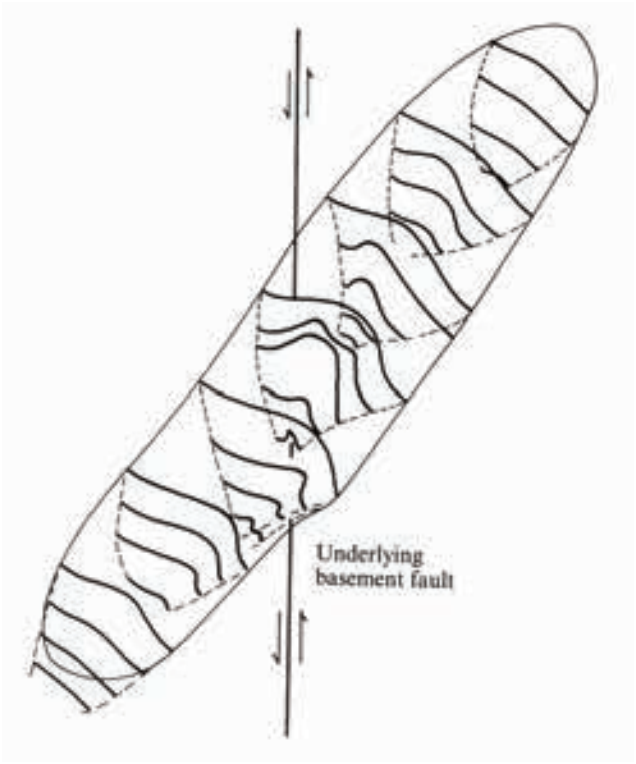
رشد، گسترش[1] و به‌هم آمیختن[2] تاقدیس‌های مجزا و تشکیل یک تاقدیس واحد

رشد و گسترش دو تاقدیس مجزا که با آرایش پلکانی[3] و با جدایشی بیش از نصف طول موج خود نسبت به هم قرار گرفته‌اند،

1. Amplification
2. Coalescence
3. En echelon

www.SID.ir

Archive of SID



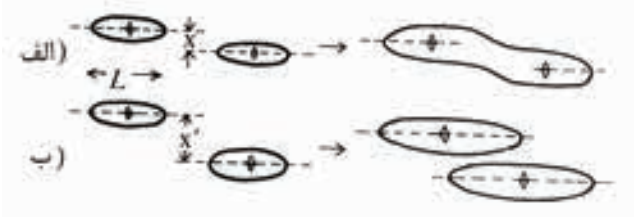
شکل۹- انحنای طولی و تغییر جهت بی‌تقارنی تاقدیس، در اثر عملکرد گسل راستالغز پی‌سنگی (Oliver,1986).

باعث تشکیل دو تاقدیس هم‌پوشان، طویل و بدون انحنای طولی می‌شود. این در حالی است که رشد دو تاقدیس، با جدایش کمتر از نصف طول موج آن‌ها، باعث به‌هم آمیختن این دو و تشکیل یک تاقدیس واحد همراه با ایجاد انحنای در محور آن می‌شود (شکل۱۰) (Price and Cosgrove, 1990). از این‌رو، ایجاد انحناءهای طولی متعدد، به‌ویژه انحناء اصلی موجود در تاقدیس زیرسطحی بی‌بی‌حکیمه که در نزدیکی کوهانه اصلی این ساختار واقع شده است را می‌توان ناشی از رشد و گسترش تاقدیس‌های مجزا با جدایش کمتر از نصف طول موج ساختار و به‌هم آمیختن آن‌ها همراه با تأثیر و عملکرد سایر عوامل دانست (که باعث افزایش هرچه بیشتر میزان انحناء و ایجاد دیگر انحناءهای طولی در تاقدیس می‌شود). به‌عبارتی، هم‌زمان و یا بعد از رشد و به‌هم آمیختگی تاقدیس‌های مجزا، دیگر عوامل مؤثر در انحنای طولی ساختار می‌تواند بر تاقدیس اثر کرده و انحناهای طولی متعدد در آن تشکیل یا تقویت شده باشد.

با توجه به تمامی عوامل مؤثر در انحنای طولی تاقدیس بی‌بی‌حکیمه می‌توان چنین نتیجه گرفت که رشد و گسترش تاقدیس‌های مجزا و به‌هم آمیختن آن‌ها، نقش اصلی و اولیه را در ایجاد انحنای در تاقدیس داشته است و هم‌زمان و پس از آن، زون برشی حاصل از عمل کرد گسل‌های پی‌سنگی به همراه عوامل مکمل و کنترل‌کننده در ایجاد این انحناءها مؤثر هستند. برای مثال، محل و نحوه قرارگیری تاقدیس‌های اطراف، می‌تواند در محل ایجاد انحناهای طولی ناشی از عملکرد گسل‌های پی‌سنگی ایفای نقش کند و مکمل و کنترل کننده این عملکرد و انحناهای ناشی از آن باشد.

نتیجه‌گیری

بر اساس مطالعات انجام شده، رشد و گسترش تاقدیس‌های مجزا و به‌هم آمیختن آن‌ها، نقش اصلی و اولیه را در ایجاد انحناء در تاقدیس ایفا می‌کنند و هم زمان و یا بعد از آن، زون برشی



شکل۱۰- الف. رشد و به‌هم آمیختن دو تاقدیس مجزا با جدایش کمتر از نصف طول موج ساختار، که باعث ایجاد انحنای محوری در تاقدیس حاصل شده است.
ب) رشد دو تاقدیس مجزا با جدایش بیش از نصف طول موج ساختار،که باعث ایجاد دو تاقدیس هم‌پوشان، طویل و بدون انحنای محوری شده است (Price and Cosgrove, 1990).

www.SID.ir

Archive of SID

حاصل از عمل‌کرد گسل‌های پی‌سنگی به همراه عوامل مکمل و کنترل‌کننده در ایجاد این انحناها مؤثر باشند. وجود تاقدیس‌های رگ‌سفید، سولابدر، کیلورکریم و سیاه‌مکان در مجاورت تاقدیس بی‌بی‌حکیمه به‌عنوان موانعی در رشد ساختار این تاقدیس عمل کرده است. از سوی دیگر، رشد این تاقدیس‌ها نیز خود باعث اعمال فشارش بر تاقدیس بی‌بی‌حکیمه شده و برآیند این نیروها با توجه به طویل‌تر بودن این تاقدیس باعث، انحنای طولی آن شده است. محل و نحوه قرارگیری تاقدیس‌های اطراف، در محل ایجاد انحناهای طولی، که خود ناشی از عملکرد گسل‌های پی‌سنگی و نیز ادامه رشد چین‌خوردگی تاقدیس‌ها است، نقش دارد. تغییر روند و آهنگ لغزش متفاوت در راندگی موجود در هسته تاقدیس بی‌بی‌حکیمه نیز از عوامل مؤثر در ایجاد انحنای طولی در این ساختار است. بر اساس مطالعات پی‌سنگ، فروافتادگی دزفول از چند بلندای قدیمی با روند شمال، شمال خاور – جنوب، جنوب باختر، به نام‌های بلندای هفتگل، بلندی هندیجان و بلندای خارگ– میش، تشکیل شده است (که به وسیله گسل‌های عمیق پی‌سنگی کنترل شده‌اند. علاوه بر این، یک گسل راستالغز راست‌گرد نیز در انتهای جنوب‌خاوری میدان تشخیص داده شده است. همچنین با مشاهده روندهای خطی در کانون زمین‌لرزه‌های رخ داده در منطقه مورد مطالعه، یک گسل پی‌سنگی دیگر، که به‌صورت مورب نسبت به دیگر گسل‌های شناخته شده محور تاقدیس را قطع کرده است، در مرکز میدان بی‌بی‌حکیمه شناسایی شده است. برای این گسل پی‌سنگی، حرکت راستالغز راست‌گرد در نظر گرفته می‌شود و به نظر می‌رسد که این روند خطی، شکستگی ریدل گسل‌های مذکور باشد.

سپاسگزاری

در پایان، نگارندگان لازم می‌دانند از اداره زمین‌شناسی بنیانی شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

– آقانباتی، ع.، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران. تهران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

– شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب، ۱۳۸۵. مطالعه زمین‌شناسی مخزن آسماری میدان نفتی بی‌بی‌حکیمه. گزارش شماره پ– ۵۸۰۵

– طباطبایی، ۱۳۷۰. نقشه انطباق‌یافته ژئومغناطیس ایران. شرکت ملی نفت ایران.

– عبداللهی‌فرد، ا.، ۱۳۸۵. مدل‌های ساختاری جنوب خوزستان با استفاده از داده‌های لرزه‌نگاری بازتابی. پایان‌نامه دکتری، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۸۴.

– علیزاده، ا.، ۱۳۸۷. تحلیل ساختاری و شکستگی‌های میدان نفتی آغاجاری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۹۶.

– لتوزی، ژ.، گودرزی، م.ق. شرکتی، ش. و سلیمانی، ب.، ۱۳۷۹. زمین‌شناسی ساختمانی تاقدیس‌های سربالش، خارتنگ و شاهینی. شرکت ملی نفت ایران، مدیریت اکتشاف، گزارش GR – ۱۹۳۹.

– مداحی، ح.، علوی، س.ا.، عبداللهی‌فرد، ا.، امیری بختیار، ح. و طالبی، ح.، ۱۳۸۷. تحلیل شکستگی‌های زیرسطحی میدان نفتی بی‌بی‌حکیمه در افق مخزنی آسماری و تعیین نواحی با تراکم شکستگی بالا در این مخزن. دوازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، اهواز.

– مطیعی، ه.،۱۳۷۴. زمین شناسی نفت زاگرس. انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، جلد اول، ۵۸۹.

- Ameen, M.S., 1992. Effect of basement tectonics on hydrocarbon generation, migration and accumulation in northern Iraq. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 76, 356-370.

- Bosworth, w., Huchon, P. and McClay, K., 2005. The Red Sea and Gulf of Aden Basins. Journal of African Earth Sciences, 43, 334-378.

- Burbank, D.W. and Anderson, R.S., 2001. Tectonic Geomorphology, Blackwell Sience.

- Falcon, N.L., 1961. Major earth-flexing in me Zagros Mountains of southwest Iran. Quarterly Journal Geological Society of London, 117, 367-376.

- Faver, G., 1975. Structures in the Zagros Orogenic Belt. OSCO, Report No.1233 (Unpub.).

- Intera Company, 1992. Asmari reservoir fracture study in Marun oil field (un pub.).

- Jamison, W.R., 1987. Geometric analysis of fold devolopment in overthrust terranes. Journal of Structural Geology, 9, 207-219.

- Kent, P.E., 1978. Review of the Kazerun lineament system. OSCO, Technical Note (Unpub.). Proceeding of Second Geological Symposium of Iran: March 1977, Iranian Petroleum Institute. Tehran.

- NIOC, Geological and exploration devision, 1977. Area prospect summary map.

- NISOC, 2007. Bibi Hakimeh underground contour map on top of Asmari Formation.

- Oliver, D., 1986. The development of structural patterns above reactivated basement faults. Unpublished Ph.D. Thesis, University of London.

- Player, R.A., 1969. The Hormuz Salt Plugs of southern Iran. IOOC, Report No.1146 (Unpub.).

- Price, N.J. and Cosgrove, J.W., 1990. Analysis of Geological Structures.Cambridge University Press, 502.

www.SID.ir

Archive of SID

- Sherkati, S. and 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, 5, 535-554.

- Stephenson, B. J., Koopman, A., Hillgartner H., Mcquillan, H., Bourne, S., Noad, J.J. and Rawnsley K., 2007. Structural and stratigraphic controls on fold-related fracturing in the Zagros Mountains, Iran: implications for reservoir development, The Geological Society of London, Special Pablications, 270, 1-21.

- Verrall, P., 1978. Presentation of structural group. III, OSCO. (Unpub.).

www.SID.ir