نشریه علوم دانشگاه خوارزمی
جلد ۱۲، شماره ۲
تاریخ چاپ بهار ۱۳۹۲

تحلیل شکستگی‌های سنگ مخزن آسماری در میدان نفتی پازنان (جنوب باختر ایران)

*رضا علی‌پور، سیداحمد علوی؛ دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین
محمدرضا قاسمی؛ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
محمد مختاری؛ پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله
علی‌رضا گلال زاده؛ شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب

چکیده

میدان نفتی پازنان در ۱۵۰کیلومتری جنوب خاور اهواز، جنوب خاور میدان آغاجاری و در منطقهٔ فروافتادگی دزفول واقع شده است. رخنمون سطحی این میدان را سازند آغاجاری تشکیل می‌دهد و سازند آسماری مهم‌ترین سنگ مخزن در این میدان است که به هفت لایهٔ مخزنی تقسیم شده است. در این پژوهش بر اساس اطلاعات زیرسطحی و با بهره‌گیری از روش‌های تحلیلی زیرسطحی، مناطق با توسعهٔ شکستگی زیاد در این تاقدیس بررسی شده است. به نظر می‌رسد که تاقدیس نفتی پازنان یک چین نامتقارن است که یال جنوب باختری آن شیب زیاد دارد و در قسمت‌های میانی ساختار که خمش محوری (طولی) بارز است، مستعد مناطق با شکستگی زیاد است. تحلیل هندسی این ساختار نشان می‌دهد که یال جنوب باختری در بیش‌تر نواحی و یال شمال خاوری در نواحی مرکزی به‌عنوان بخش‌هایی از ساختار با تراکم زیاد شکستگی هستند. خمش محوری (طولی) تاقدیس پازنان ناشی از رشد و گسترش تاقدیس‌های مجزا و به‌هم آمیختن آن‌ها، پهنهٔ برشی حاصل از عمل‌کرد گسل‌های پی‌سنگی و ساختارهای راستا لغز قدیمی است.

مقدمه

میدان نفتی پازنان در ۱۵۰کیلومتری جنوب خاور اهواز و در جنوب خاور میدان آغاجاری قرار گرفته است. طول و عرض میدان به‌ترتیب ۶۰ کیلومتر و ۴ تا ۶ کیلومتر است و یکی از بزرگ‌ترین میادین گاز میعانی کشور با ستونی از نفت است. میدان پازنان، تاقدیسی نامتقارن با گسلی بزرگ و معکوس در یال جنوبی است که احتمالاً تداوم گسل یال جنوبی میدان آغاجاری است. گسل‌های بزرگ و عادی به موازات گسل معکوس یال جنوبی ولی در وضعیتی کم‌عمق‌تر، ساختمان تاقدیس آسماری را قطع کرده است. امتداد محور تاقدیس پازنان مانند دیگر ساختارهای زاگرس در سمت شمال باختر جنوب خاور است و روند محور در بخش شمال باختری N304 درجه است سپس با یک چرخش به N328 درجه می‌رسد و دوباره در بخش‌های مرکزی تاقدیس به روند

واژه‌های کلیدی: آسماری، شکستگی، زیرسطحی، میدان نفتی پازنان، تاقدیس
دریافت ۹۱/۴/۳ پذیرش۹۲/۲/۱۴

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

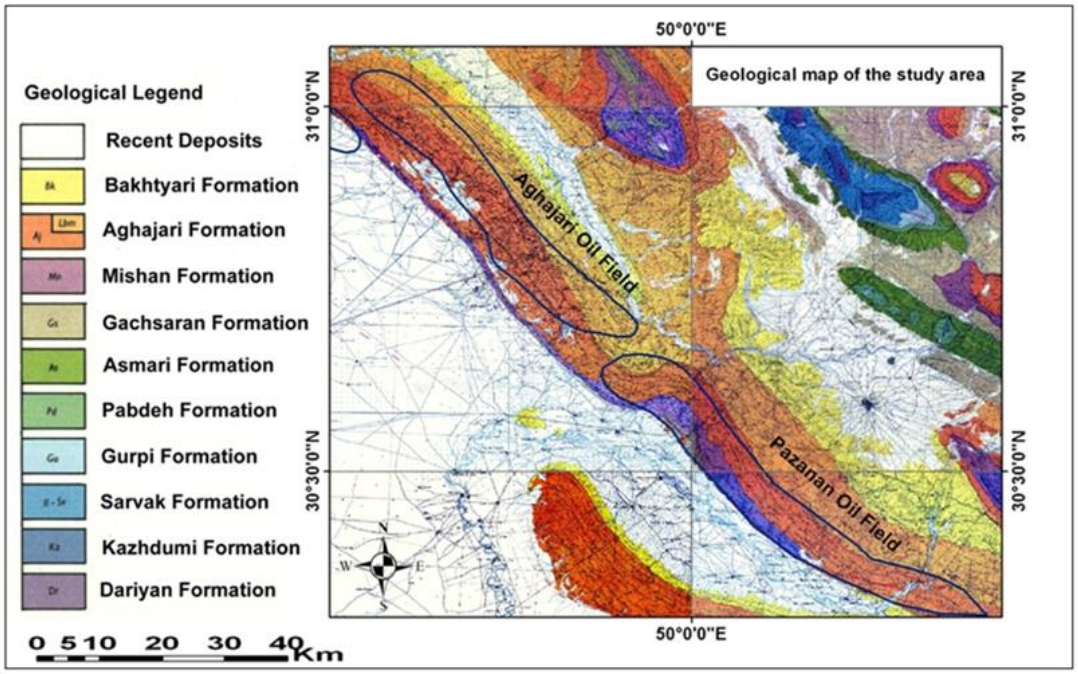
اولیه بازگشته و در نهایت در قسمت جنوب خاوری تاقدیس، روند N290 درجه را پیدا می‌کند. در این تاقدیس بیشینهٔ شیب در یال شمال خاوری ۲۴ تا ۲۸ درجه و در یال جنوب باختری ۳۵ تا ۴۰ درجه است. بر اساس اطلاعات مخزنی، سازند آسماری در این میدان به پنج پهنه تقسیم‌بندی شده است که سنگ‌شناسی آن‌ها مشتمل بر انیدریت، ژیپس، مارن و آهک است که لیتولوژی غالب مارن است. همچنین پوش سنگ مخزن آسماری در میدان نفتی پازنان در واقع بخشی از سازند تبخیری گچساران است. تاکنون ۱۱۷ حلقه چاه در این میدان حفاری شده است که یک حلقه چاه در مخزن سروک و ۴ حلقه چاه در مخزن خامی تکمیل شده است. رخنمون‌های سطحی منطقه بررسی شده مشتمل بر سازند بختیاری (پلیوسن) و سازندهای گروه فارس، سازندهای گچساران (میوسن پایینی)، میشان (میوسن پایینی- میانی) و آغاجاری (میوسن بالایی- پلیستوسن) است (شکل ۱). شناخت نحوهٔ تراکم و گسترش شکستگی‌ها در مخازن زیرسطحی نقش مهمی در برآورد پارامترهای مخزنی از قبیل روزنگی و تراوایی ایفا می‌کند. بنا بر این در این پژوهش برای بررسی شکستگی‌های موجود در مخزن آسماری میدان نفتی پازنان از روش‌های تحلیلی هندسی دایره محاطی، مشتق دوم ساختاری، RFF و مقدار انحنا محوری ساختار استفاده شده است. سپس با توجه به تأثیر خمیدگی طولی محور تاقدیس زیرسطحی پازنان در توسعهٔ شکستگی‌ها به بررسی عوامل احتمالی ایجاد خمیدگی طولی محور پرداخته شده است. به‌طورکلی پژوهش‌های بسیار اندکی برای شناسایی ساختاری و شکستگی‌های میدان نفتی پازنان انجام شده است که محدود به گزارش‌های درون سازمانی شرکت ملی نفت است، از جمله عمانی و شیرزاده (۱۳۶۱) که به بررسی زمین‌شناسی این مخزن و تقوی پور و ظهراب‌زاده (۱۳۸۰) که به بررسی شکستگی‌های این مخزن پرداختند.

هندسهٔ ساختار تاقدیس پازنان

تاقدیس پازنان در ناحیهٔ فروافتادگی دزفول قرار گرفته است که در اثر فعالیت‌های زمین‌ساختی مربوط به چین‌خوردگی حاکم بر سامانه زاگرس، شکستگی‌های متعدد و متغیری در آن ایجاد شده است. همچنین در رخنمون‌های سطحی این تاقدیس سازندهای آغاجاری، میشان و گچساران عمدتاً دارای دره‌های عمیق و دامنه‌های پرشیب به‌ویژه در یال جنوب باختر (مشرف به دشت خوزستان) هستند. این توپوگرافی سطحی ممکن است به‌علت یک فعالیت کوه‌زایی بزرگ باشد که دگرشکلی آن از اواخر کرتاسه شروع و در نئوژن پایانی به حداکثر شدت رسیده است و فعالیت آن همچنان ادامه دارد. ساختار نا متقارن و موجی شکل پازنان در افق آسماری دارای ۶۰ کیلومتر طول و ۴ تا ۶ کیلومتر عرض است که از شمال باختر به‌سمت جنوب خاور از عرض آن کاسته می‌شود. شیب یال جنوب باختری بین ۲۴ تا ۴۱ درجه و شیب یال شمال خاوری بین ۱۵ تا ۲۸ درجه متغیر است (شکل ۲). مهم‌ترین گسلی که بر روی ساختار پازنان تأثیر گذار بوده است، راندگی عمیقی است که در یال جنوبی و در امتداد روند ساختار به‌وجود آمده است و شیبی بین ۳۵ تا ۴۰ درجه به سمت شمال

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

خاور دارد. علاوه بر این راندگی، گسل‌های دیگری با روند شمالی-جنوبی به‌صورت عرضی ساختار پازنان را قطع کرده‌اند.



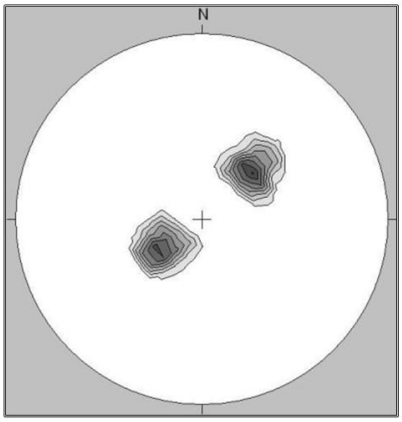
شکل ۱. نقشهٔ زمین‌شناسی میدان پازنان در جنوب باختر ایران. خط آبی رنگ محدودهٔ میدان را نشان می‌دهد

ساختار نامتقارن، هندسهٔ موجی شکل و همچنین تغییر شیب یال‌ها در طول تاقدیس نشان‌دهندهٔ تنوع سازوکار چین‌خوردگی در این ساختار است. بنا بر این تعیین دقیق سازوکار چین‌خوردگی در این تاقدیس را دشوار می‌کند. به‌طور کلی اطلاعات موجود دربارهٔ سازوکار چین‌خوردگی تاقدیس‌های زاگرس بر پایهٔ اطلاعات لرزه‌نگاری و چاه‌ها است. با توجه به روندهای زاگرسی، یال شمال خاوری تاقدیس‌ها کم وبیش تفسیر شده‌اند اما بررسی دقیق یال جنوب باختری تاقدیس‌ها از جمله تاقدیس پازنان با توجه به شیب زیاد یال جنوبی و افزایش یافتن شیب تا حد قائم و برگشته و همچنین وجود گسلش در یال جنوبی و شکستگی‌های احتمالی ناشی از این گسل‌ها با ابهاماتی همراه است. در مورد سازوکار چین‌خوردگی تاقدیس‌های کمربند چین‌خورده زاگرس پژوهش‌های متعددی انجام شده است. بررسی‌های چین‌خوردگی در این ناحیه اساساً از نوع موازی [۹] و همچنین سازوکار چین‌خوردگی در این ناحیه خمشی- لغزشی و چین‌خوردگی سطح خنثی دانسته است [۷]. تبخیری‌های میوسن میانی (سازند گچساران) در فروافتادگی دزفول یک افق جدایشی مهمی هستند که تأثیر زیادی بر هندسه چین‌ها گذاشته‌اند. در مراحل پیشرفته دگرشکلی، این افق جدایشی بالایی در ناودیس‌ها به تله افتاده و با پر شیب‌شدگی و رورانندگی میان تاقدیس‌های اصلی از خود واکنش نشان می‌دهند [۲۱]. ناودیس‌های فرودیواره، گسل‌های راندگی پرشیب و قرار گرفتن راندگی انتشار یافته به موازات لایه‌بندی در افق جدایشی بالایی معرف گذر از چین‌های جدایشی به چین‌های جدایشی گسل[۱] است [۱۴]. درگیر شدن افق‌های جدایشی میانی طی دگرشکلی پیش‌رونده می‌تواند موجب

۱. faulted Detachment folds

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

افزایش پیچیدگی‌های هندسی شود. بنا بر این وجود لایه‌های شیلی در ستون سنگ‌شناسی آسماری میدان نفتی پازنان در طی چین‌خوردگی می‌تواند موجب لغزش لایه‌ها بر روی یک‌دیگر شده و هر سطح طبقه به صورت سطوح لغزشی عمل کرده و لغزش از یال ها به سوی لولای چین است و لولا تغییر شکل کمی داده است. پروفیل‌های لرزه‌ای تفسیر شده در قسمت‌های شمالی، مرکزی و جنوبی تاقدیس پازنان (شکل ۳) و همچنین نیمرخ‌های رسم شده بر روی نقشه زیرسطحی سازند آسماری و برآورد زاویهٔ بین یالی (جدول ۱) در نیمرخ‌های تاقدیس پازنان نشان می‌دهد که هندسهٔ چین از نوع چین‌های مرتبط با گسل و باز تا ملایم است و تغییرات حائز اهمیت در روند محور چین همراه با تغییر شیب یال‌ها نشان می‌دهد که تاقدیس پازنان از نوع چین‌های جدایشی و گسترش گسلی است.



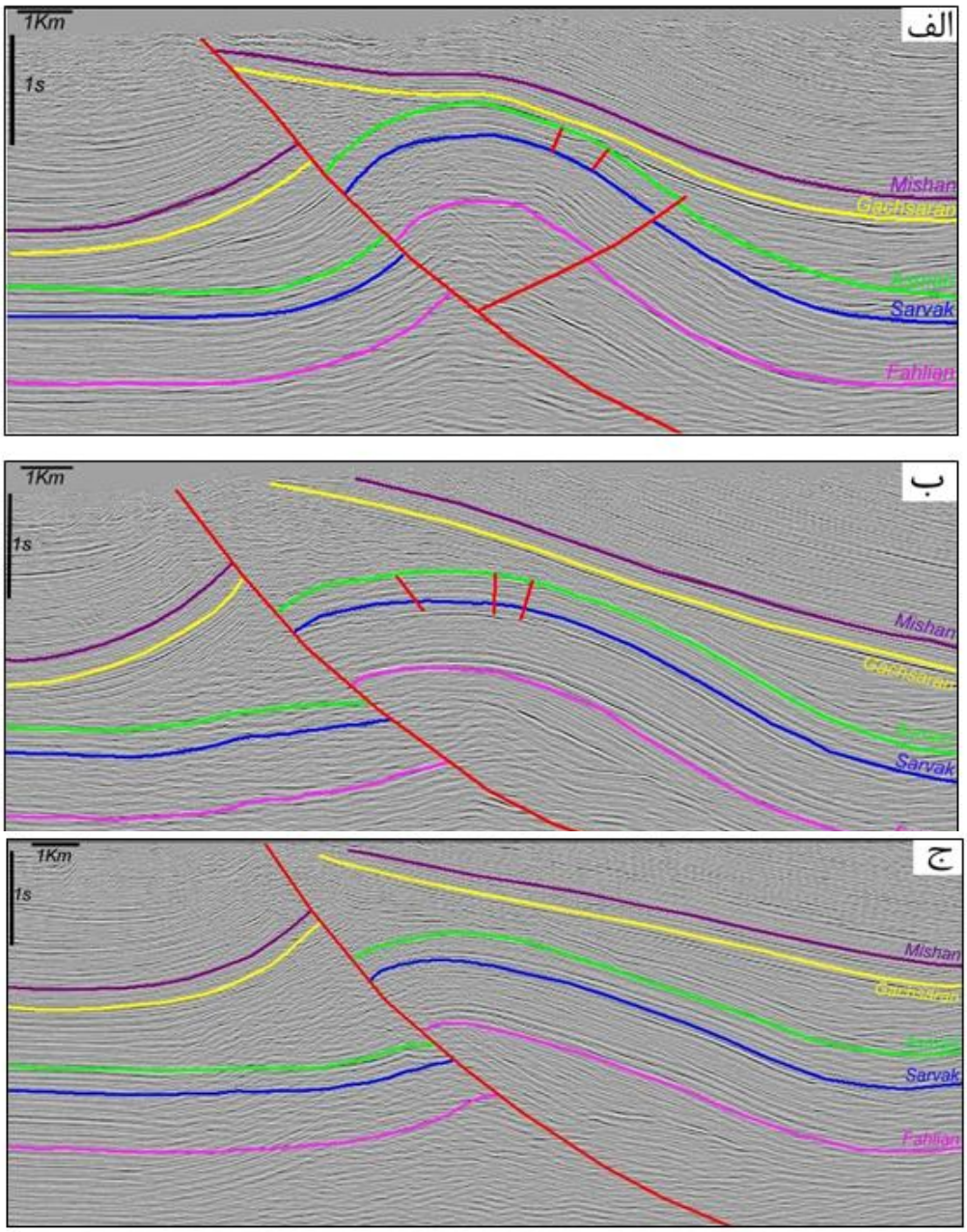
شکل ۲. استریوگراف مربوط به شیب یال‌های جنوب باختری و شمال خاوری تاقدیس پازنان

روش پژوهش

شکستگی‌ها رایج‌ترین ساختار زمین‌شناسی هستند که ممکن است در هر رخنمون سنگی وجود داشته باشند [۱۸]. البته به‌دلیل فرآیندهای پیچیده‌ای که در تشکیل آن‌ها دخالت دارد، تحلیل و بررسی آن‌ها به‌خصوص از دیدگاه ساختاری، به‌ویژه در مورد شکستگی‌های زیرسطحی مشکل است و به‌همین دلیل با وجود اهمیت زیاد، کم‌تر مورد توجه زمین‌شناسان قرار گرفته‌اند. تحلیل صحیح شکستگی‌ها و شناسایی مکان‌هایی با تراکم زیاد شکستگی در مخازن هیدروکربنی و کربناته جنوب باختر ایران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پژوهش برای بررسی توزیع فراوانی و تراکم شکستگی‌ها در میدان نفتی پازنان، اطلاعات چاه‌ها و نقشه‌های زیرسطحی در روش‌هایی به‌کار برده شده‌اند که هر یک از کارایی خاص خود برخوردارند. سپس با تطبیق نتایج حاصل از این روش‌ها درک بهتر و دقیق‌تری در مورد چگونگی گسترش شکستگی‌های مخزنی صورت گرفته است. روش‌های استفاده شده در این پژوهش شامل روش مشتق‌گیری ریاضی (مشتق اول و مشتق دوم)، روش تحلیل دایرهٔ محاطی[۱]، روش RFF[۲] و روش تعیین میزان و جهت خمش محور ساختاری هستند.

۱. Inscribed Circle Analysis ۲. Relative Frequency of Fractures Method

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]



شکل ۳. نیم‌رخ‌های لرزه‌ای تفسیر شده از بخش شمالی (الف)، مرکزی(ب) و جنوبی (ج) تاقدیس پازنان

۱. روش مشتق‌گیری ریاضی

در نقشهٔ خطوط تراز زیرسطحی میدان پازنان، هر قسمتی از هر مقطع ساختاری، به‌عنوان سهمی در یک سامانه مختصات با دو بعد طول یا عرض جغرافیایی (x) و ارتفاع (y) در نظر گرفته شده است. شیب منحنی در هر نقطه در واقع شیب خط مماس بر آن منحنی و برابر با مشتق اوّل سهمی است. بنا بر این مشتق مقاطع ساختاری، آهنگ تغییرات شیب را نشان داده و با متصّل کردن نقاطی با درجهٔ شیب برابر، نقشهٔ هم شیب یا نقشهٔ مشتق اوّل به‌دست می‌آید . از آن‌جاکه مشتق، آهنگ تغییرات یک متغیر را نشان می‌دهد، مشتق نقشهٔ هم شیب، یا

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

به‌عبارتی مشتق دوّم نقشه خطوط تراز زیرسطحی، آهنگ تغییرات شیب یا مناطقی که تغییرات شدید شیب دارند را نشان می‌دهد. نقشهٔ مشتق دوّم منطبق بر مناطقی با حداکثر خمیدگی و شیب ساختاری، و در نتیجه بیش‌ترین شکستگی مرتبط با آن است. بر اساس نقشهٔ مشتق اول رأس مخزن آسماری، بیش‌ترین میزان شیب یال‌ها در این مخزن مربوط به یال جنوب باختری و به‌میزان کم‌تر، بخش مرکزی و شمال باختری یال شمال‌خاوری آن است. با توجه به نقشهٔ مشتق دوم نیز، بیش‌ترین آهنگ تغییرات شیب و بنا بر این بالاترین استعداد توسعهٔ شکستگی‌های ناشی از خمیدگی عرضی ساختار، در مخزن آسماری مربوط به بخش شمال باختری و به‌میزان کم‌تر، بخش مرکزی یال جنوب‌باختری آن است (شکل ۴). این مسئله، نشان‌دهندهٔ زیاد بودن دگرریختی در نیمه شمال باختری میدان نسبت به نیمه جنوب خاوری آن است.

جدول۱. محاسبهٔ زوایای شیب یال شمال‌خاوری، جنوب‌باختری و زاویهٔ بین یالی در برش‌های عرضی رسم شده بر رأس مخزن آسماری

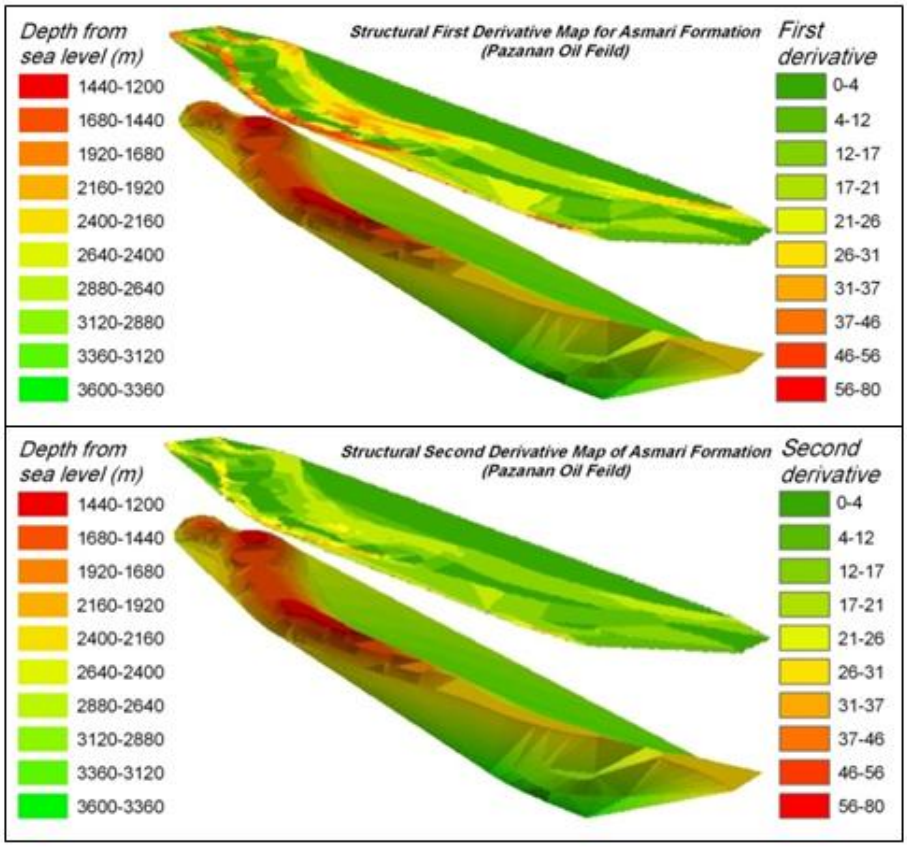
برش عرضی	زاویه یال شمال خاوری	زاویه یال جنوب باختری	زاویه بین یالی		برش عرضی	زاویه یال شمال خاوری	زاویه یال جنوب باختری	زاویه بین یالی
1	23	25	132		16	17	26	137
2	24	27	129		17	19	28	133
3	15	33	134		18	21	27	132
4	20	32	128		19	24	39	117
5	19	35	126		20	28	41	111
6	24	32	124		21	16	40	124
7	17	35	128		22	17	20	143
8	23	34	123		23	18	30	132
9	15	39	126		24	20	31	129
10	16	23	141		25	18	29	133
11	16	24	140		26	19	29	132
12	15	24	141		27	16	37	127
13	18	28	134		28	17	38	125
14	19	25	136		29	27	40	113
15	18	24	138		30	27	40	113

۲. روش تحلیل دایره محاطی

هدف از به‌کارگیری روش تحلیل دایرهٔ محاطی تعیین محدودهٔ گسترش شکستگی‌های باز ناشی از خمش عرضی چین‌خوردگی یا شکستگی‌های کششی ساختار تاقدیسی است. اساس این روش بر تغییرات شعاع خمیدگی تاقدیس و تأثیر آن بر میزان تراکم شکستگی‌ها استوار است. در این روش بر روی جدیدترین نقشهٔ خطوط تراز زیرسطحی برش‌های عرضی ساختمانی در طول میدان و عمود بر محور تاقدیس ترسیم شد و سپس پهنه‌های مختلف مخزنی از رأس تا قاعده مخزن بر روی این برش‌ها رسم شد. پس‌از آن دوایر محاطی به‌صورت مماس با نقاط عطف یال‌های ساختار رسم گردیده‌اند. تفاوت در میزان جدایش شعاعی بین دایرهٔ محاطی و خمیدگی ساختار، بیان‌گر میزان تغییرات در خمیدگی ساختار است و محل‌هایی که بیشینه جدایش را داشته باشند به‌عنوان مناطقی که دارای بیشینه خمیدگی و در نتیجه بالاترین پتانسیل شکستگی هستند مشخص می‌شوند. این روش نسبت به روش مشتق‌گیری ریاضی از نقشه‌های خطوط تراز زیرسطحی، دارای این برتری است که تحت تأثیر

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

خطاهای ایجاد شده در اثر انطباق‌های تکه تکه‌ای یا عملیات گرد کردن منحنی‌ها قرار نمی‌گیرد [۲]. در این پژوهش پس از ترسیم ۳۰ برش عرضی بر روی جدیدترین نقشهٔ خطوط تراز زیرسطحی افق آسماری در میدان پازنان (شکل ۵ الف) و رسم دوایر محاطی، محل برخورد این دوایر با سرزون‌های مختلف، بر روی نقشه پایه[۱] میدان پیاده شد و نقشهٔ هم‌ارزش حاصل از این نقاط تهیه شده است (شکل۵ ب). بررسی‌های انجام شده با استفاده از روش دایرهٔ محاطی نشان می‌دهد که هر چهار پهنه مخزنی سازند آسماری در میدان نفتی پازنان مستعد شکستگی است و پهنه‌های یک و دو این مخزن از استعداد توسعه شکستگی بیش‌تری نسبت به پهنه‌های عمیق‌تر برخوردارند. بر این اساس پهنای محدودهٔ شکستگی‌های عمیق و پرتراکم در محدودهٔ مرکزی مخزن که از خمیدگی عرضی بیش‌تری نسبت به محدودهٔ خاوری و باختری آن برخوردار است، بیش‌تر است و به‌دلیل شیب زیادتر یال جنوب‌باختری، توسعهٔ شکستگی‌ها بیش‌تر متمایل به جنوب‌باختر مخزن است.



شکل ۴. نقشهٔ مشتق اول و دوم رأس مخزن آسماری همراه با مدل سه بعدی این مخزن در میدان نفتی پازنان

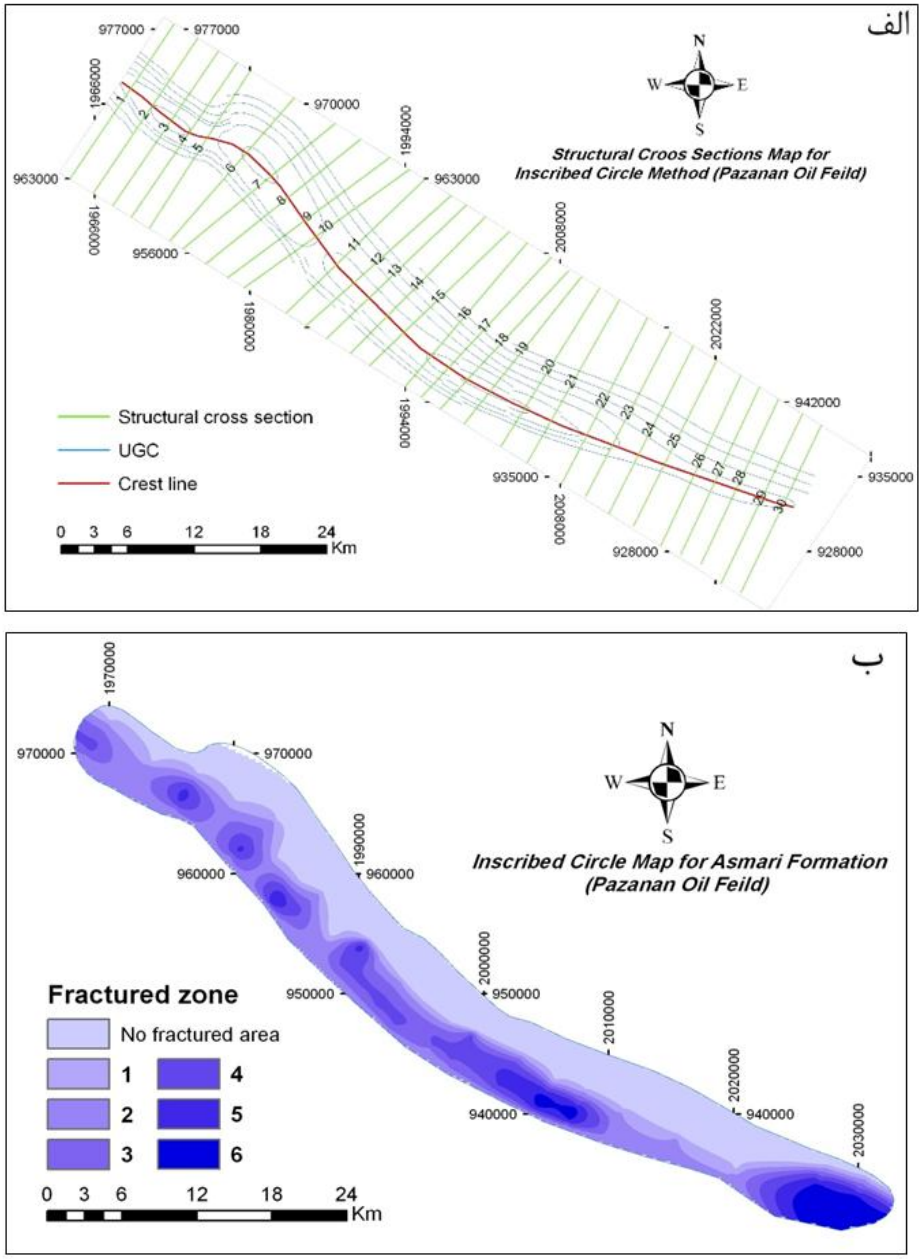
۳. روش RFF[۲]

در رابطهٔ RFF (RFF=[(R*Br)+(S*Bs)]*(1-C)*L) هر کدام از پارامترها ویژگی خاصی را نشان می‌دهند و مقادیر آن‌ها در یک بازه تغییر می‌کند:

۱. base map ۲. Relative Frequency of Fractures Method

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

L (سنگ شناسی): تراکم شکستگی در سنگ‌های مختلف یکسان نیست [۱۶] و افزایش استحکام و کاهش شکل‌پذیری سنگ باعث افزایش تراکم شکستگی می‌شود [۱۵].



شکل ۵. الف) موقعیت برش‌های عرضی تهیه شده برروی رأس مخزن آسماری در میدان نفتی پازنان
ب) نقشهٔ حاصل از روش دایرهٔ محاطی که نواحی مستعد توسعه شکستگی‌های کششی را نشان می‌دهد

براساس نگاره‌های هاندین[۱] و همکاران (۱۹۶۳) و استیم[۲] و فردمن[۳] (۱۹۷۲) و با فرض این‌که سرسازند آسماری بین اعماق ۷۵۰۰ تا ۱۵۰۰۰ فوت باشد، با ثابت بودن سایر عوامل و براساس جدول ۲ کیفیت سنگ‌شناسی به چهار رده ۱ تا ۴ تقسیم شده است.

۱. Handin ۲. Stearns ۳. Friedman

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

C (سیمان شدگی): با احتساب دو فرض اساسی، یکی این که تمام شکستگی‌ها در زیر سطح آب و نفت سیمان شده‌اند و دیگر آن‌که از سطح هم‌بری آب و نفت به‌طرف سرسازند آسماری سیمان‌شدگی کاهش می‌یابد. به‌طور کلی در رابطهٔ سیمان‌شدگی (C=[(Dx-Dh)/(Dl-Dh)]*0.9)، پارامترهای Dx (عمق نقطه بررسی شده)، Dh (عمق بلندترین نقطه در تاقدیس بررسی شده)، DL (عمق سطح تماس آب و نفت) مورد توجه‌اند. این رابطه دارای جواب کیفی است و فاقد ابعاد است. هر کدام از عوامل موجود دراین رابطه با توجه به درجه‌های کیفی مطابق با جدول ۲ کمیت‌گذاری شده‌اند.

S (عامل خمش محور ساختمانی): در صورتی که اثر سطح محوری یک تاقدیس زیرزمینی در نمای نقشهٔ خطوط تراز زیرسطحی (سطح افقی) دچار خمش شده و انحنایی در آن مشاهده شود، با رسم بهترین شعاع خمیدگی محور و محاسبه طول آن می‌توان این عامل را کمیت‌گذاری کرد.

Bs (عامل ساختمانی): این عامل در پیوند با عامل (S) محاسبه می‌شود. فرض اصلی بر این کمیت گذاری قبول اثر سطح محوری در روی نقشه (سطح افقی) به‌عنوان سطح خنثی نسبت به یال‌های شمالی و جنوبی است. لذا این عامل تعیین کننده فاصله نقطهٔ بررسی شده نسبت به این سطح خنثی است.

R **(عامل ساختمانی):** با وجود این‌که برای یک نیم‌رخ چین، مراکز خمیدگی و شعاع‌های متفاوتی به‌دست می‌آید اما بهترین دایره منطبق بر کمان چین ترسیم می‌شود که شعاع آن معرف خمیدگی چین‌خواهد بود و بر حسب طول کمیت‌گذاری می‌شود.

Br (عامل برش آسماری): با توجه به این‌که در یک لایهٔ چین‌خورده شکستگی‌های کششی باز در بالای سطح خنثی شکل می‌گیرند و با فاصلهٔ از این سطح رابطه مستقیم دارند و دیگر این‌که شکستگی‌های تراکمی در زیر سطح خنثی تشکیل می‌شوند، (Br) بیان کنندهٔ فاصلهٔ نقطهٔ مورد نظر از این سطح است. در رابطه تعیین سطح خنثی (a=[(Dt+Db)/2]) و با فرض گذر این سطح از میانهٔ ضخامت سازند آسماری پارامترهای a (عمق سطح خنثی)، Dt (عمق سر سازند آسماری) و Db (عمق قاعده آسماری) بررسی می‌شود. برای ساختاری تاقدیس‌گون مقدار Br در دو حالت قابل بررسی و تعیین است، بدین‌ترتیب که در عمق‌های بیش‌تر از سطح خنثی (a) مقدار Br مساوی صفر و در عمق‌های کم‌تر رابطهٔ Br (Br=[(Dx-a)/(a-Dt)*4) مقدار عدد مورد نظر را تعیین می‌کند

در همهٔ روابط ذکر شده، تمامی عمق‌ها بر حسب فوت یا متر از سطح دریای آزاد است [۵]. با درنظرگرفتن عوامل فوق، به‌منظور به‌کارگیری روش RFF، ۳۲ برش عرضی عمود بر محور تاقدیس برروی جدیدترین نقشهٔ خطوط تراز زیرسطحی افق مخزنی آسماری ترسیم شده است (شکل ۶ الف). با توجه به عمق و شیب سطح تماس سیالات (آب و نفت) و سنگ‌شناسی سازندهای تشکیل‌دهندهٔ این مخازن براساس زون‌بندی‌های انجام شده، در هر برش عوامل معرفی شده در رابطهٔ RFF برای رأس مخزن، و سطوح عمقی معین نسبت به‌آن‌ها که

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

منطبق بر میانهٔ ضخامت پهنه‌های مختلف در هر مخزن هستند محاسبه شده و با استفاده از مقادیر به‌دست آمده، نقشه‌های هم ارزش RFF برای آن تهیه شده است (شکل ۶ ب تا ح).

بر اساس این روش، مناطقی از ساختار تاقدیس که با عمل‌کرد توأم خمیدگی عرضی و طولی همراه هستند، مستعد تراکم بالای شکستگی شناخته شده (پهنه‌های ۱ تا ۴) و با افزایش عمق از فراوانی شکستگی‌ها کاسته می‌شود (پهنه های ۵ تا ۷). بنا بر این، حداکثر تراکم شکستگی‌ها، مربوط به مناطق با عمق کم‌تر، در کمان بیرونی خمیدگی محوری تاقدیس در قسمت‌های میانی و شمال باختری تاقدیس است. هم‌چنین از رأس افق مخزنی به سمت مناطق عمیق‌تر آن، از نقش خمیدگی عرضی در ایجاد شکستگی‌ها کاسته شده و خمیدگی طولی نقش پر رنگ‌تری پیدا می‌کند.

جدول ۲. فاکتورهای مؤثر در برآورد نسبی انبوهی شکستگی‌ها [۵]

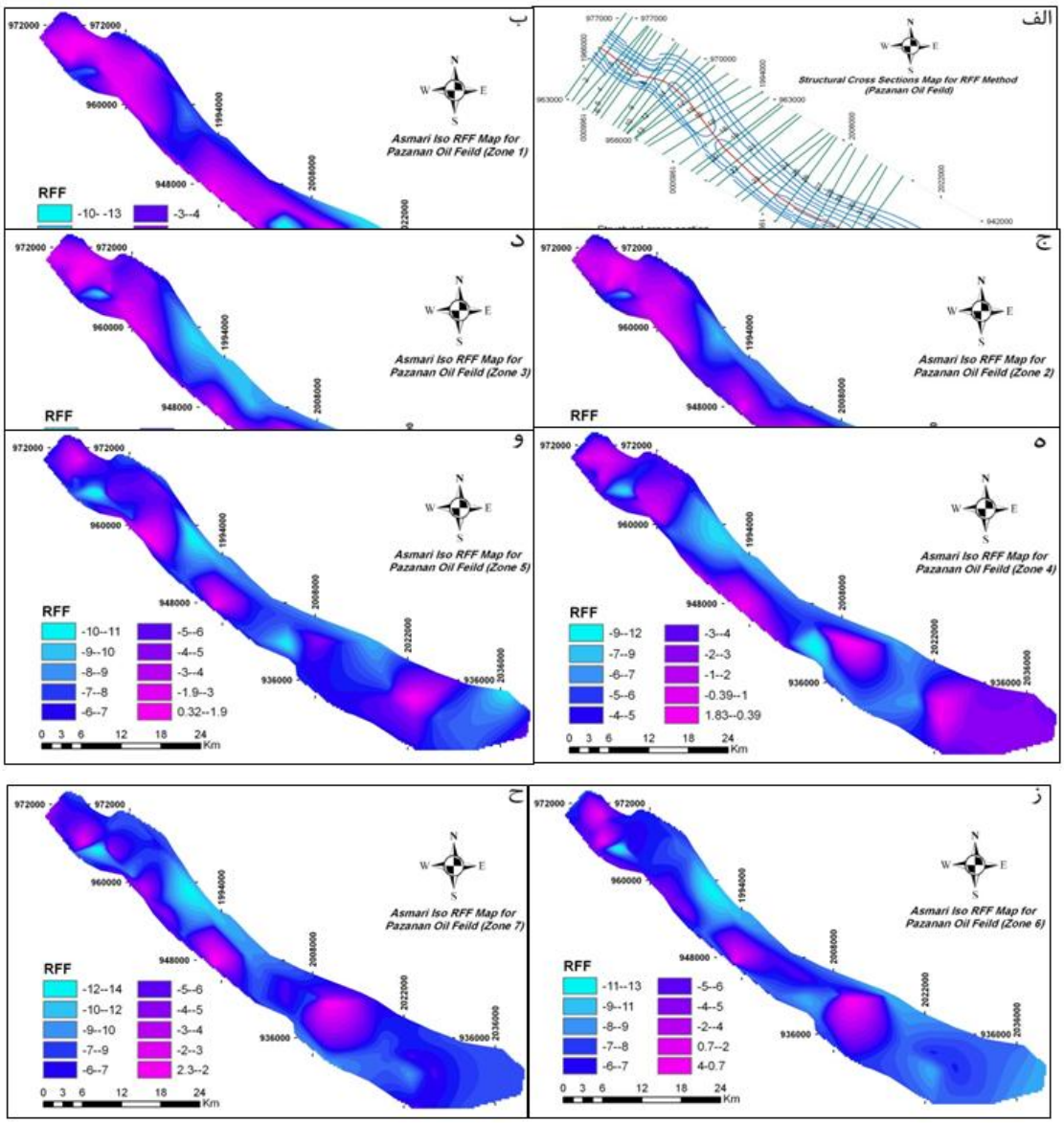
Rock type **L**	*Lithology factor*	*Horizontal distance from axis (feet)* B_s	*Structural axis factor*
Dolomite	*4.0*	*Less than 3000*	*0.0*
Dolomite-Limestone	*2.5*	*3000-6000*	*1.0*
Sandstone	*2.0*	*6000-9000*	*2.5*
Sandstone-Limestone	*1.5*	*9000-12000*	*3.0*
Limestone	*1.0*	*Over 12000*	*4.0*
Radius of structure Axis (miles) **S**	*Sinuosity factor*	*Radius of structure (feet)* **R**	*Structure factor*
Less than 5	*4.5*	*2000*	*4.0*
5 to 10	*3.5*	*3000*	*3.5*
10 to 15	*3*	*4000*	*3.0*
15 to 20	*2.0*	*6000*	*2.0*
20 to 25	*1.0*	*8000*	*1.0*
Over 25	*0*	*10000*	*0.5*
		Over 10000	*0.0*

۳. روش تعیین مقدار و جهت خمش محور ساختاری

با استفاده از این روش می‌توان محدودهٔ شکستگی‌های مرتبط با مقدار خمیدگی محوری ساختار را مشخص کرد. در هر خمیدگی محوری، کمان بیرونی خمیدگی، به‌علت تأثیر تنش‌های کششی می‌تواند شکستگی‌های کششی ایجاد کرده و کمان درونی خمیدگی، به‌دلیل تأثیر تنش‌های فشارشی می‌تواند حتی شکستگی‌هایی که در اثر چین‌خوردگی (خمیدگی عرضی) ساختار به‌وجود آمده است را به‌صورت شکستگی‌های بسته در آورد. به‌منظور استفاده از این روش، اقدام به‌ترسیم مماس‌هایی بر روی آخرین منحنی تراز زیرسطحی بستهٔ میدان در افق مخزنی آسماری شده است. سپس محور اولیهٔ، با رسم خط میانه‌ای که دارای فاصلهٔ مساوی از پایانه‌های این دو خط است، بازسازی شده و با موقعیت محور کنونی آن، که با ترسیم خط گذرا از نقاط دارای حداکثر خمیدگی عرضی بر روی نقشهٔ حاصل از روش دایرهٔ محاطی به‌دست آمده است، مقایسه شده است تا مقدار و جهت جابه‌جایی محور کنونی از حالت اولیه مشخص گردد. محدوده‌های جابه‌جا شده، نواحی مستعد در توسعهٔ

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

شکستگی‌های کششی ناشی از خمیدگی محوری ساختار را نشان می‌دهد. افزایش فاصلهٔ محور کنونی از حالت اولیه بیان‌کننده افزایش استعداد توسعهٔ شکستگی‌های کششی و مساحت محدودهٔ شکسته شده است (شکل۷). بر این اساس پهنای محدودهٔ شکستگی‌های عمیق و پرتراکم در محدودهٔ مرکزی مخزن که از خمیدگی عرضی بیش‌تری نسبت به محدوده‌های دیگر آن برخوردار است، همچنین، به‌دلیل شیب زیادتر یال جنوب باختری، توسعه شکستگی‌ها بیش‌تر متمایل به جنوب‌باختر مخزن است.



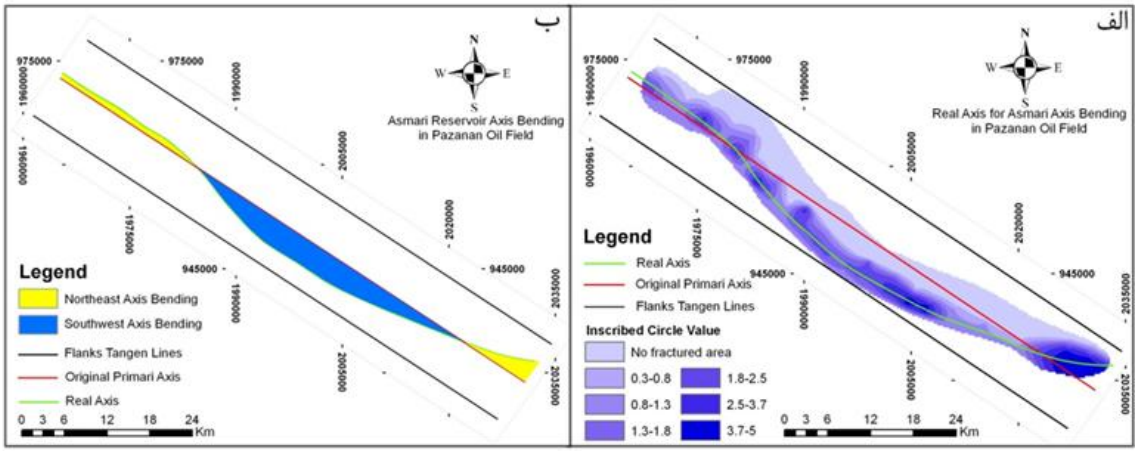
شکل ۶. الف) موقعیت برش‌های عرضی تهیه شده برروی سرسازند آسماری میدان نفتی پازنان برای به‌کارگیری روش RFF. ب تا ح) به‌ترتیب نقشه‌های ه م RFF برای سرسازند آسماری، عمق منطبق بر میانه پهنه‌های یک، دو، سه و چهار و پنج و شش و هفت سازند آسماری (مناطق قرمز رنگ نواحی دارای حداکثر تراکم شکستگی را نشان می‌دهند)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

۴. خمیدگی محوری در تاقدیس زیرسطحی پازنان و عوامل احتمالی مؤثر بر آن

۴-۱. تغییر روند و نرخ لغزش متفاوت در راندگی پازنان

بررسی نیم‌رخ‌های لرزه‌ای دوبعدی مربوط به تاقدیس نفتی پازنان، نشان می‌دهد که این تاقدیس از نوع چین‌های مرتبط با گسل است. مسلماً یک گسل به طول ده‌ها کیلومتر، به‌صورت خطی کاملاً مستقیم نبوده و در امتداد خود به‌دلایل مختلفی مانند تغییر در ترکیب سنگ‌شناختی سنگ میزبان، دچار تغییر روند (خمیدگی) شده، علاوه برآن زاویهٔ شیب متفاوتی را نیز در فواصل مختلف از خود نشان می‌دهد. واضح است که این تغییر روند گسل، به‌نوبهٔ خود باعث ایجاد خمیدگی طولی در تاقدیس حاصل از آن می‌شود. همچنین نرخ لغزش متفاوت این گسل راندگی که خود می‌تواند ناشی از زاویهٔ شیب متفاوت آن در بخش‌های مختلف باشد، همچنین موجب اختلاف در زاویهٔ شیب یال‌ها، شدت چین‌خوردگی، پهنای چین و در نتیجه ایجاد خمیدگی ظاهری در طول ساختار تاقدیس می‌شود. هر چه شیب راندگی بیش‌تر باشد، نرخ لغزش آن کم‌تر و هر چه مقدار این شیب کم‌تر باشد، نرخ لغزش بیش‌تر خواهد بود.



شکل ۷. الف) بازسازی محور اولیهٔ ساختار پازنان در مخزنی آسماری با استفاده از نقشهٔ حاصل از روش دایره محاطی. ب) تعیین نواحی ستعد توسعه شکستگی‌های کششی، ناشی از خمیدگی محوری (طولی) ساختار در افق مخزنی آسماری است

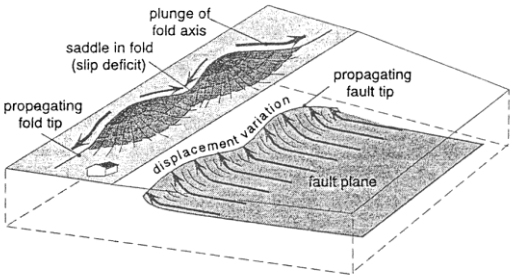
بربنک[۱] و اندرسن[۲] نیز معتقدند که تغییر نرخ لغزش در گسل‌های رانده زیرسطحی، در شدت بالاآمدگی و چین‌خوردگی تاقدیس بالایی آن مؤثر است. دماغهٔ میل چین در بالای پایانه گسل و در جایی‌که چین‌خوردگی کاهش می‌یابد و کوهانه‌ها در بالای فواصلی از گسل که دارای نرخ لغزش بیش‌تر هستند، ایجاد می‌شوند. ساختارهای زین‌اسبی نیز نشان‌دهندهٔ فواصلی از گسل هستند که دارای نرخ لغزش کم‌تر هستند (شکل۸). تداوم عمل‌کرد این گسلش موجب ایجاد چین‌هایی می‌شود که دارای پایانه‌های از دو سو مایلند [۸]. این پدیده در اکثر ساختارهای موجود در پهنه فروافتاده دزفول قابل مشاهده است.

۱. Burbank ۲. Anderson

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

۴-۲. عمل‌کرد گسل‌های پی‌سنگی

از عوامل دیگری که در خمیدگی محوری تاقدیس زیرسطحی پازنان مؤثر است، سازوکار خاصی از تنش برشی است که به‌وسیلهٔ گسل‌های پی‌سنگی کنترل می‌شود. عمل‌کرد این گسل‌ها (ناشی از هم‌گرایی دو صفحهٔ عربی و ایران مرکزی) همراه با نقش کنترلی دیگر عوامل، خمیدگی طولی این تاقدیس را به‌دنبال داشته است. به عقیدهٔ مطیعی (۱۳۷۴) گسل‌های پی‌سنگی در خمیدگی شدید محور تاقدیس‌هایی مانند رگ‌سفید و اهواز در ناحیهٔ فروافتاده دزفول و تاقدیس‌های گیسکان و سربالش (که در حوالی گسل کازرون واقع شده‌اند) مداخله داشته‌اند. تعدادی از مؤلفان [۱۰]، [۱۱]، [۱۳]، [۱۹]، نیز معتقدند که بلوک‌های پی‌سنگی علاوه بر دخالت درایجاد ساختارهای بزرگ ناحیه زاگرس، در شکل‌گیری ساختمان‌های کوچک‌تر، از قبیل تاقدیس‌ها و خمیدگی محوری موجود در آن‌ها نیز مداخله دارند. آمین[۱] (۱۹۹۲) نیز اعتقاد دارد که حرکت بلوک‌های بزرگ پی‌سنگی، که خود به‌وسیلهٔ گسل‌های طولی و عرضی به بلوک های کوچک‌تری تقسیم شده‌اند، موجب بروز بالا آمدگی‌ها و پایین‌افتادگی‌ها در طی زمان شده است. این مسئله در مدل پی‌سنگ ناحیهٔ فروافتاده دزفول که در این پژوهش تهیه شده است نیز به‌وضوح قابل رؤیت است



شکل ۸. گسترش جانبی راندگی زیرسطحی باعث توسعهٔ چین‌خوردگی در پوشش رسوبی زیادی می‌شود. نرخ لغزش متفاوت این گسل، در شدت بالاآمدگی و چین‌خوردگی تاقدیس بالایی آن مؤثر است [۸]

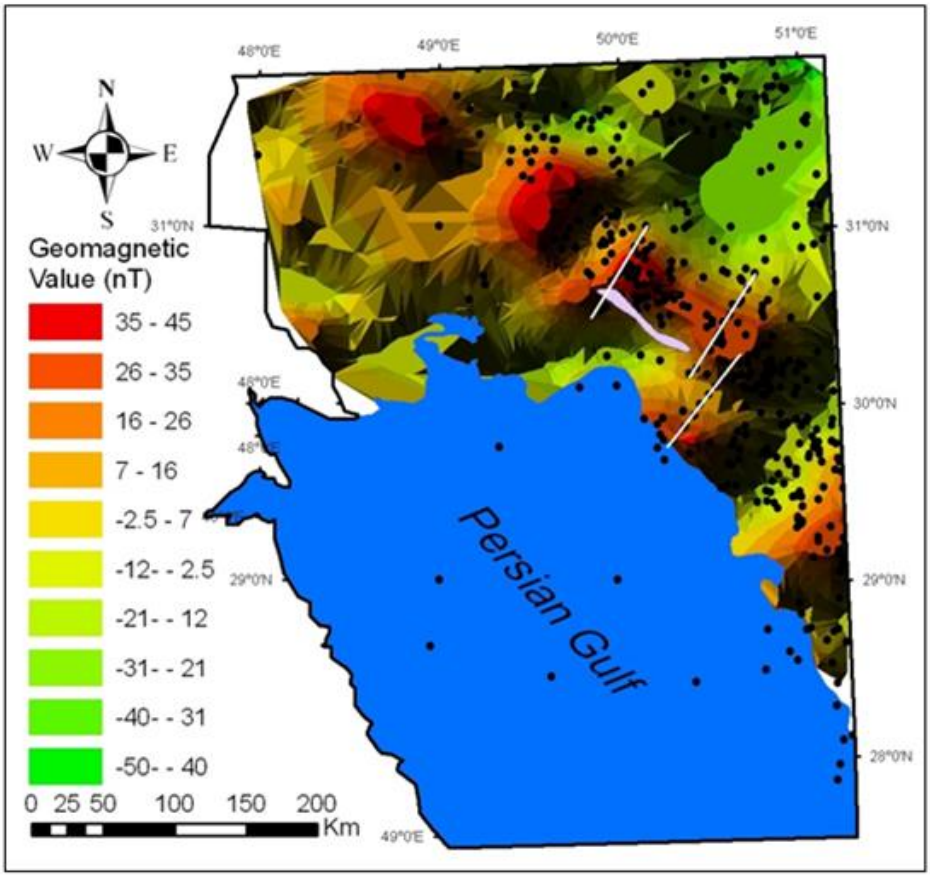
۴-۳. ویژگی‌های پی‌سنگ مغناطیسی

در این پژوهش، با استفاده از نقشهٔ انطباق یافتهٔ ژئومغناطیس ایران [۴]، مدل سه‌بعدی پی سنگ در منطقهٔ بررسی شده تهیه شده است (شکل۹). بر اساس این مدل، در فروافتادگی دزفول چند ساختمان مورب نسبت به روند کلی زاگرس وجود دارد. این ساختمان‌ها، سه برجستگی یا بلندای قدیمی کنترل شده به‌وسیلهٔ گسل‌های عمیق پی‌سنگی، با روند شمال، شمال‌خاور- جنوب، جنوب باختر، به‌نام‌های بلندای هفتگل، بلندی هندیجان و بلندای خارگ- میش هستند. در این بین، بلندای هندیجان با سازوکار راست‌بر، در منطقهٔ بررسی شده واقع شده و از شمال باختر میدان پازنان و در حدفاصل تاقدیس پازنان و تاقدیس آغاجاری عبور می‌کند. علاوه بر این، یک گسل راستالغز راست‌بر دیگر نیز در پایانهٔ جنوب‌خاوری میدان تشخیص داده شده است. همچنین، کانون زمین‌لرزه‌هایی که بین سال‌های۱۹۷۳ تا ۲۰۰۹ و با بزرگای بیش از ۳ در محدوده فروافتادگی دزفول روی داده است، بر روی نقشهٔ پی‌سنگ پیاده گردیده است (شکل۹). 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 منطقهٔ بررسی شده است و می‌تواند باعث قوت بخشیدن به نظریه وجود این گسل‌ها در منطقه باشد.

۱. Ameen

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

عمل‌کرد بلندای هندیجان همراه با عمل‌کرد بلندای خارگ- میش، می‌تواند با ایجاد یک پهنه برشی راست‌بر، باعث ایجاد خمیدگی محوری این تاقدیس شده باشد. پرایس[۱] و کاسگرو[۲] (۱۹۹۰) و استفنسون[۳] و همکاران (۲۰۰۷) نیز به تشکیل ساختارهای حاصل از عمل‌کرد گسل‌های راستالغز پی‌سنگی در پوشش رسوبی زیاد آن‌ها اشاره کرده‌اند. عمل‌کرد گسل‌های راستالغز پی‌سنگی، می‌تواند باعث خمیدگی طولی تاقدیس رویی آن‌ها و نیز تغییر جهت بی‌تقارنی (تغییر جهت شیب سطح محوری) در امتداد تاقدیس و در بلوک‌های دو طرف گسل شود [۱۷]. این موضوع با رسم مجموعه‌ای از برش‌های عرضی در طول تاقدیس به‌خوبی نشان داده است (شکل۱۰). این مسئله با توضیح ارائه شده در مورد میدان پازنان کاملاً انطباق دارد.



شکل۹. انطباق تاقدیس پازنان همراه با کانون‌های لرزه‌ای بر روی نقشه انطباق‌یافته ژئومغناطیس پی‌سنگ [۴] در فروافتادگی دزفول و نواحی اطراف (با توجه به کانون خطی زلزله‌ها خطوط سفید گسل‌های پی سنگی احتمالی یا بلندی‌های احتمالی قدیمی را نشان می‌دهد)

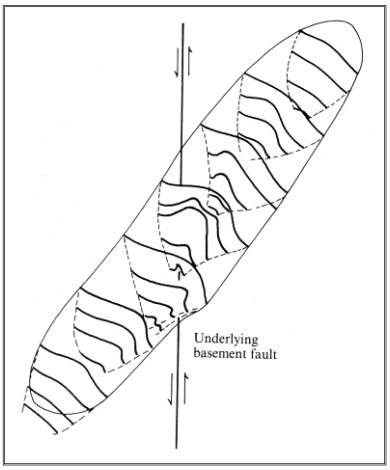
۴-۴. رشد، گسترش و به‌هم آمیختن تاقدیس‌های مجزا و تشکیل یک تاقدیس واحد

رشد و گسترش دو تاقدیس مجزا که با آرایش پلکانی و با جدایشی بیش از نصف طول موج خود نسبت به هم قرار گرفته‌اند، باعث تشکیل دو تاقدیس هم‌پوشان، طویل و بدون خمیدگی 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

۱. Price ۲. Cosgrow ۳. Stephenson

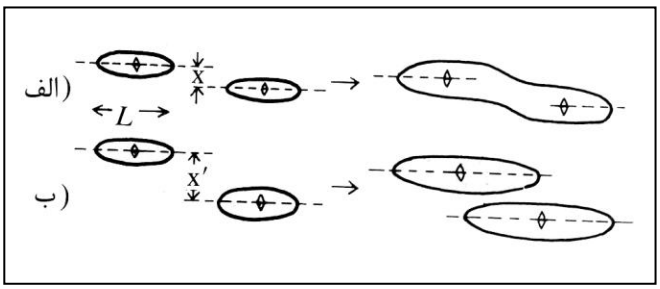
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

همراه با ایجاد خمیدگی در محور آن می‌شود (شکل۱۱) [۲۰]. از این‌رو، ایجاد خمیدگی‌های طولی متعدد، به‌ویژه خمیدگی اصلی موجود در تاقدیس زیرسطحی پازنان 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 (که باعث افزایش هرچه بیش‌تر میزان خمیدگی و ایجاد دیگر خمیدگی‌های طولی در تاقدیس می‌شود) دانست. به‌عبارتی، هم زمان و یا بعد از رشد و به‌هم آمیختگی تاقدیس‌های مجزا، سایر عوامل مؤثر در خمیدگی طولی ساختار می‌تواند بر تاقدیس اثر کرده و خمیدگی‌های طولی متعدد در آن تشکیل یا تقویت شده باشد.



شکل۱۰. خمیدگی طولی و تغییر جهت بی‌تقارنی تاقدیس، در اثر عمل‌کرد گسل راستالغز پی‌سنگی [۱۷]

با توجه به تمامی عوامل مؤثر در خمیدگی طولی تاقدیس پازنان می‌توان چنین نتیجه گرفت که رشد و گسترش تاقدیس‌های مجزا و به‌هم آمیختن آن‌ها، نقش اصلی و اولیه را در ایجاد خمیدگی در تاقدیس ایفا کرده و هم‌زمان و یا بعد از آن، پهنه برشی حاصل از عمل کرد گسل‌های پی سنگی به‌همراه عوامل مکمل و کنترل‌کننده در ایجاد این خمیدگی‌ها مؤثر هستند. به‌عنوان مثال، محل و نحوهٔ قرارگیری تاقدیس‌های اطراف، می‌تواند در محل ایجاد خمیدگی‌های طولی ناشی از عمل‌کرد گسل‌های پی‌سنگی ایفای نقش کرده، مکمل و کنترل‌کنندهٔ این عمل‌کرد و خمیدگی‌های ناشی از آن باشد.



شکل ۱۱. الف) رشد و به‌هم آمیختن دو تاقدیس مجزا با جدایش کم‌تر از نصف طول موج ساختار، که باعث ایجاد خمیدگی محوری در تاقدیس حاصله شده است. ب) رشد دو تاقدیس مجزا با جدایش بیش از نصف طول موج ساختار، که باعث ایجاد دو تاقدیس هم‌پوشان، طویل و بدون خمیدگی محوری شده است [۲۰]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

نتیجه‌گیری

بر اساس روش RFF مناطقی از ساختار تاقدیس که با عمل‌کرد توأم خمیدگی مرتبط با چین‌خوردگی (خمش عرضی) و خمیدگی ناشی از پیچش[1] محور ساختمانی (خمش طولی) همراه هستند، مستعد تراکم بالای شکستگی شناخته می‌شوند (زون های ۱ تا ٤). مناطق عمیق‌تر مخزن آسماری (زون های ٥ تا ۷) از گسترش و تراکم شکستگی کم‌تری نسبت به مناطق کم‌عمق‌تر برخوردارند. بنا بر این بر اساس این روش، بیشینهٔ تراکم شکستگی مربوط به مناطق با عمق کم‌تر، در قسمت میانی و شمال باختری چین و منطبق با یال محدب خمش محوری تاقدیس است. روش دایرهٔ محاطی نشان می‌دهد که هر هفت پهنهٔ مخزنی به‌ویژه پهنه‌های بالایی سازند آسماری در میدان نفتی پازنان مستعد توسعهٔ شکستگی است و بالاترین تراکم شکستگی را در مناطقی که هر هفت پهنه دارای شکستگی هستند می‌توان مشخص کرد. همچنین به‌دلیل شیب بیش‌تر یال جنوب‌باختری، توسعهٔ شکستگی‌ها بیش‌تر متمایل به جنوب‌باختر مخزن است. با توجه به مشتق دوم نقشهٔ خطوط تراز زیرسطحی به‌نظر می‌رسد که یال جنوبی دارای بیش‌ترین خمیدگی و خمش است، و مشخص می‌سازد. که این منطقه از بیش‌ترین توسعه و تراکم شکستگی برخوردار است. این مسئله منطبق بر نتایج حاصل از روش‌های تحلیلی دایرهٔ محاطی و RFF است. بر اساس روش تعیین میزان و جهت خمش محور ساختاری پهنای محدوده شکستگی‌های عمیق و پرتراکم در محدودهٔ مرکزی مخزن که از خمیدگی عرضی بالاتری نسبت به محدوده‌های دیگر آن برخوردار است، همچنین، به‌دلیل شیب زیادتر یال جنوب باختری، توسعه شکستگی‌ها بیش‌تر متمایل به جنوب‌باختر مخزن است. بنا بر این با تلفیق روش‌های بالا به‌نظر می‌رسد که تاقدیس نفتی پازنان یک چین نامتقارن است و در یال جنوب باختری که شیب زیاد داشته و در قسمت‌های میانی ساختار که خمش محوری (طولی) بارز است، مستعد مناطق با شکستگی زیاد است که نقش به‌سزایی در افزایش میزان تولید و بهره‌دهی مخازن هیدروکربوری ایفا می‌کند.

بر اساس پژوهش‌های انجام شده، رشد و گسترش تاقدیس‌های مجزا و به‌هم آمیختن آن‌ها، نقش اصلی و اولیه را در ایجاد خمیدگی در تاقدیس ایفا کرده و هم زمان و یا بعد از آن، پهنه برشی حاصل از عمل کرد گسل‌های پی سنگی به‌همراه عوامل مکمل و کنترل‌کننده در ایجاد این خمیدگی‌ها مؤثرند. تغییر روند و نرخ لغزش متفاوت در راندگی موجود در هسته تاقدیس پازنان نیز، از عوامل مؤثر در ایجاد خمیدگی طولی در این ساختار است.

منابع

۱. ش. تقوی‌پور، م. ظهراب‌زاده، *مطالعه جامع شکستگی‌های مخزن آسماری میدان پازنان*. شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب گزارش شماره پ- ٥۱۰۳ (۱۳۸۰).

۲. ع. شبان، *تحلیل شکستگی های تحت الأرضی و تأثیر آن بر مهاجرت سیال در مخزن آسماری میدان نفتی گچساران*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین ساخت، دانشگاه شهید بهشتی (۱۳۸۲).

۱. Distortion

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

۳. ج. عمانی، م. شیرزاده، *مطالعه زمین شناسی سازند آسماری میدان پازنان*. شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب گزارش شماره پ- ۳۷۹۷(۱۳٦۱).

٤. طباطبایی، *نقشه انطباق‌یافته ژئومغناطیس ایران*. شرکت ملی نفت ایران (۱۳۷۰).

٥. ه. مطیعی، *زمین‌شناسی نفت زاگرس*. انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، جلد اول، (۱۳۷٤).

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

7. R. I. Baker, "Gachsaran asmari-reservoir fracture system", Report No. P-3561, Interim report (1978).

8. D. W. Burbank, , R. S. Anderson, " Tectonic geomorphology", Blackwell science (2001).

9. S. P. Colman Sadd, "Fold development in Zagros simply folded belt, Southwest Iran", American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 62, No. 6 b, (1978) 984-1003.

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

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

12. J. Handin, M. Friedman, J. N. Feather, "Experimental deformation of sedimentary rocks under confining pressure- pore pressure Test", American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v.47 (1963) 717-755.

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

14. S. Mitra, "Fold-accomodation faults, American Association of Petroleum Geologists Bulletin", v. 86 (4) (2002) 671-693.

15. R. A. Nelson, "Geologic analysis of naturally fractured reservoirs", Gulf publishing, Houston, Texas, Contr. In petrol. Geology and Eng., 2nd ed. (2001).

16. M. Nemati, H. Pezeshk, "Spatial distribution of fractures in the Asmari Formation of Iran in subsurface environment :Effect of lithology and petrophysical properties", Natural Resources Research, v. 14 (4) (2006) 305-316.

17. D. Oliver, "The development of structural patterns above reactivated basement faults", Unpublished Ph.D. Thesis, University of London (1986).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

18. R. G. Park, "Foundation of structural geology", 2nd ed. (1989).
19. R. A. Player, "The Hormuz Salt Plugs of southern Iran", IOOC, Report No.1146 (Unpub) (1969).
20. N. J. Price, J. W. Cosgrove, "Analysis of Geological Structures", Cambridge University Press, 502 (1990).
21. S. Sherkati, J. Letouzey, "Variation of structural style and basin evolution in the central Zagros (Izeh zone and Dezful Embayment), Iran", Marine and Petroleum Geology, 21, No. 5 (2004) 535-554.
22. D. W. Stearns, M. Friedman, "Reservoirs in fractured rock", American Association of Petroleum Geologists Bulletin v. 16 (1972) 82-100.
23. B. J. Stephenson, A. Koopman, H. Hillgartner, H. Mcquillan, S. Bourne, J. J. Noad, K. Rawnsley, "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 (2007) 1-21.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]