بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه نفت و ژئوفیزیک

مدل‌سازی شکستگی‌ها به روش شبکه گسسته شکستگی در یکی از میادین جنوب ایران

علمدار فرامرزی

اساتید راهنما:

دکتر بهزاد تخم‌چی

دکتر مجید انصاری جعفری

پایان نامه ارشد برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته اکتشاف نفت

شهریور ۱۳۹۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

باسمه تعالی

شماره: ۶۴۲/۱۱۴۴

تاریخ: ۹۲/۷/۸

ویرایش:

فرم صورت جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) نتیجه ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای علمدار فرامرزی رشته مهندسی نفت گرایش اکتشاف تحت عنوان مدل‌سازی شکستگی‌ها به روش شبکه گسسته شکستگی در یکی از میادین جنوب ایران

که در تاریخ ۱۳۹۲/۶/۲۴ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه : خوب امتیاز ۱۷) ☑ دفاع مجدد ☐ مردود ☐

۱ـ عالی (۲۰ ـ ۱۹)

۲ـ بسیار خوب (۱۸/۹۹ ـ ۱۸)

۳ـ خوب (۱۷/۹۹ ـ۱۶)

۴ـ قابل قبول (۱۵/۹۹ ـ ۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنما	دکتر بهزاد تخم‌چی	استادیار	
۲ـ استاد راهنما	دکتر مجید جعفری انصاری	استادیار	
۳ـ نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر امین روشندل کاهو	استادیار	
۴ـ استاد ممتحن	دکتر ابوالقاسم کامکار روحانی	دانشیار	
۵ ـ استاد ممتحن	دکتر حسین میرزایی نصیرآباد	استادیار	

رئیس دانشکده :

دانشکده معدن و ژئوفیزیک
دانشگاه صنعتی شاهرود

ت

تو نه مثل آفتابی که حضور و غیبت افتد دگران روند و آیند و تو هم‌چنان که هستی

خالصانه و خاضعانه

تقدیم می‌گردد به سقای آب و ادب

عباس ابن علی (ع)

تشکر و سپاسگذاری

شکر شایان نثار ایزد منان که توفیق را رفیق راهم ساخت تا این پایان‌نامه را بـه پایـان برسـانم. از خـانواده مهربانم که مرا یارای بسیار بودند، تشکر و قدردانی می‌نمایم. بی‌شک بدون حمایت این عزیـزانم، پیمـودن این مسیر کاری دشوار و غیرممکن بود.

از اساتید فرزانه و دلسوز، جناب آقای دکتر بهزاد تخم‌چی و جناب آقای دکتر مجید انصاری جعفری که در کمال سعه سدر، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننموده‌اند و راهنمایی این پایان‌نامه را بـر عهـده گرفتند، کمال تشکر و سپاسگذاری را دارم.

از آقایان، دکتر ابوالقاسم کامکار روحانی دانشیار دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک و دکتر حسین میرزایی نصیرآباد استادیار دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک که زحمت داوری این پایان نامه را بر عهده داشتند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از کلیه دوستان مهربانم، علیرضا حیدری، مهدی افشاری، محمد جواد رحیم‌دل، محمد صادقی، محمد شیخ‌الشریعه، مهدی رستگارنیا، محمدرحمان کمالی، اسماعیل سیفی و کلیه عزیزانی که مرا در انجام این مهم یاری رساندند تشکر می‌نمایم و از خداوند منان سلامت و سعادت ایشان را خواستارم.

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گویم.

چکیده

شکستگی‌های طبیعی مسیرهای پیچیده‌ای برای عبور سیال ایجاد می‌کنند که در نتیجه آن توصیف مخزن، عملکرد تولیدی مخزن و بازیافت کلی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. مطالعه و استفاده از خصوصیات شکستگی‌ها در مخزن عامل مهمی برای بهینه کردن عملکرد مخزن است. هدف از این مطالعه، چگونگی جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز از منابع مختلف استاتیکی و دینامیکی، آنالیز این اطلاعات و در نهایت ساختن مدل‌های شکستگی‌ها است. مطالعه حاضر بر روی یکی از میادین کربناته جنوب ایران انجام شده است. سنگ‌شناسی این میدان متشکل از رخساره‌های سنگی سنگ‌آهک، دولومیت، انیدریت و شیل در لایه‌های مخزنی، سازندهای کنگان و دالان است. از روش شبیه‌سازی تصادفی شبکه گسسته شکستگی در این پایان‌نامه جهت استخراج مدل سه‌بعدی شکستگی‌ها استفاده شده است. جهت استخراج ورودی‌های لازم در فرآیند مدلسازی شکستگی‌ها با استفاده از این روش لازم است تا آنالیزهای ضروری بر روی شکستگی‌ها انجام گیرد. این آنالیزها شامل، محاسبه شدت شکستگی در چاه‌ها، بازشدگی شکستگی‌ها، آنالیز جهت‌گیری شکستگی‌ها، دسته بندی شکستگی‌ها در قالب دسته شکستگی‌ها و آنالیز جهت‌گیری این دسته‌ها، محاسبه لاگ چگالی در هر یک از چاه‌ها، محاسبه چگالی شکستگی‌ها در هر یک از رخساره-های سنگی و همچنین مطالعه تأثیر هر یک از رخساره‌ها در ایجاد شکستگی‌هاست. در این مطالعه از نتایج تفسیر نمودارهای تصویری (*FMI*) در سه چاه A ، B و C که به ترتیب در بازه‌های ۲۱۸۲ تا ۳۲۹۷ متری، ۲۷۳۱ تا ۳۲۲۶ متری و ۲۸۳۶ تا ۳۲۸۶ متری از این چاه‌ها نمودارگیری شده، استفاده شده است. همچنین از داده‌های دینامیکی شامل اطلاعات نمودارهای تولید و همچنین بازه‌های مشبک‌کاری در چهار چاه، D، E، F و G جهت انجام آنالیزهای دینامیکی شکستگی‌ها استفاده گردیده است. بر اساس آنالیزهای انجام گرفته شدت شکستگی در چاه‌های A ، B و C به ترتیب برابر با $(1/m)$ ۰/۲۲، $(1/m)$ ۰/۲۹ و $(1/m)$ ۰/۰۶۴ است. دهانه شکستگی‌ها نیز در هر یک از چاه‌ها محاسبه گردیده و مقدار میانگین آن در سه چاه

A، B و C به ترتیب عبارتند از: (cm) ۰/۰۲، (cm) ۰/۰۱ و (cm) ۰/۲۳. به طور کلی شکستگی‌ها در هر سه چاه دارای جهت‌گیری‌های مختلف با امتداد (جهت شیب) و شیب متفاوت هستند. شیب میانگین شکستگی‌های باز در چاه A، ۶۰ درجه با روند امتداد غالب در $N35E$ است. در چاه B دارای شیب میانگین ۶۲ درجه و روند امتداد غالب $N20E$ و در چاه C شکستگی‌های باز طبیعی دارای شیب میانگین ۶۵ درجه و دو روند غالب در امتداد $N35E$ و $N35W$ هستند. به منظور دسته‌بندی شکستگی‌ها، جهت‌گیری کل شکستگی‌ها در سه چاه به طورهمزمان مورد آنالیز قرار گرفته و شکستگی‌ها در سه دسته شکستگی گروه-بندی شده‌اند. چگالی شکستگی محاسبه شده در سه چاهA ، B و C به ترتیب عبارتند از($1/m$) ۰/۴۱۷، ($1/m$) ۰/۵۱۹ و ($1/m$) ۰/۳۴۷. همچنین چگالی شکستگی محاسبه شده در رخساره‌های سنگ‌آهک، دولومیت و انیدریت به ترتیب برابر با ($1/m$) ۰/۶۲۹، ($1/m$)۰/۴۵۷، ($1/m$) ۰/۱۲۷ و برای شیل صفر محاسبه شده است. از داده‌های دینامیکی و آنالیز آنها نیز جهت تأیید آنالیزهای شکستگی استفاده گردیده است. به طور کلی، لایه‌هایی که بیشترین سهم مشارکتی در تولید را دارا هستند، دارای تعداد شکستگی بیشتری نیز بر اساس آنالیزهای شکستگی هستند. این نتیجه نشان‌دهنده توزیع شکستگی‌ها در کل مخزن و بخصوص در این لایه‌های مخزنی است. در نهایت نیز براساس میانگین اطلاعات استخراجی در هر یک از چاه‌ها و دسته شکستگی‌ها، مدل‌های سه‌بعدی شکستگی‌ها به روش شبکه گسسته شکستگی ساخته شده است.

کلمات کلیدی: مخازن شکافدار طبیعی، شبکه گسسته شکستگی، دهانه شکستگی، چگالی شکستگی، دسته شکستگی

تعهد نامه

اینجانب علمدار فرامرزی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی نفت دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه: مدل‌سازی شکستگی‌ها به روش شبکه گسسته شکستگی در یکی از میادین جنوب ایران تحت راهنمائی آقایان دکتر بهزاد تخم‌چی و دکتر مجید انصاری جعفری متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است

.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.

لیست مقالات مستخرج از پایان‌نامه:

۱- علمدار فرامرزی، بهزاد تخم‌چی، مجید انصاری جعفـری " **آنالیز شکستگی‌ها و تنش‌های برجا با استفاده از لاگ‌های تصویری در یکی از میادین جنوب ایران**" دومین کنفرانس مهندسی مخازن هیدروکربوری، اردیبهشت ماه ۱۳۹۲

فهرست مطالب **صفحه**

فصل اول: کلیات ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ اهمیت شناسایی شبکه شکستگی‌ها ۴

۱-۳ اهمیت مدل‌های جامع شبکه گسسته شکستگی‌ها ۵

۱-۴ اهداف مطالعه ۵

۱-۵ مطالعات و کارهای قبلی ۷

۱-۵-۱ مدلسازی شبکه گسسته شکستگی ۷

۱-۶ ساختار پایان‌نامه ۱۳

فصل دوم: مبانی شکستگی‌ها و روش‌شناسی تحقیق ۱۴

۲-۱ مقدمه ۱۵

۲-۲ اطلاعات پایه ای درباره شکستگی‌ها ۱۵

۲-۲-۱ تعریف شکستگی ۱۵

۲-۲-۲ دسته‌بندی شکستگی‌ها ۱۶

۲-۲-۲-۱ شکستگی‌های رسانا ۱۸

۲-۲-۲-۲ شکستگی‌های مقاوم ۱۹

۲-۲-۲-۳ شکستگی‌های القایی حفاری ۱۹

۲-۲-۲-۴ شکستگی‌های ریزش دیواره چاه ۲۱

۲-۲-۳ گسل ۲۲

۲-۲-۴ تعریف شکستگی‌های مؤثر ۲۳

۲-۲-۴-۱ لاگ‌های تصویری ۲۴

۲-۲-۴-۲ تحلیل مغزه ۲۵

۲-۲-۴-۳ لاگ فوتوالکتریک ۲۶
۲-۲-۴-۴ امواج استونلی ۲۷
۲-۲-۴-۵ لاگ کالیپر ۲۷
۲-۲-۴-۶ لاگ‌های تولید ۲۸
۲-۲-۴-۷ لاگ دما ۲۸
۲-۲-۴-۸ اطلاعات حفاری ۲۸
۲-۳ مفهوم شبکه گسسته شکستگی ۲۹
۲-۳-۱ موقعیت قرارگیری شکستگی‌ها ۳۰
۲-۳-۲ جهت‌گیری شکستگی‌ها ۳۰
۲-۳-۳ طول خط اثر شکستگی‌ها ۳۱
۲-۳-۴ بازشدگی شکستگی‌ها ۳۱
۲-۴ کاربرد مدل شبکه گسسته شکستگی ۳۲
۲-۵ روش‌شناسی مورد استفاده در مطالعه مخازن شکافدار ۳۳
۲-۶ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۳۷

فصل سوم: زمین‌شناسی میدان مورد مطالعه و تحلیل آماری شکستگی‌های موجود ۳۸

۳-۱ مقدمه ۳۹
۳-۲ ناحیه مورد مطالعه ۳۹
۳-۲-۱ موقعیت جغرافیایی میدان ۴۰
۳-۲-۲ تاریخچه حفاری میدان ۴۱
۳-۲-۳ ساختار میدان مورد مطالعه ۴۲
۳-۲-۳-۱ سازند کنگان ۴۵
۳-۲-۳-۲ سازند دالان ۴۶
۳-۲-۴ ساز و کار شکل‌گیری شکستگی‌های طبیعی در میدان مورد مطالعه ۴۹

۳-۳ موقعیت چاه‌های مورد مطالعه در میدان ۵۱
۳-۴ تحلیل آماری داده‌های شکستگی ۵۲
۳-۴-۱ چاه A ۵۲
۳-۴-۱-۱ لایه‌بندی ۵۲
۳-۴-۱-۲ شکستگی‌ها ۵۴
۳-۴-۱-۳ گسل ۵۹
۳-۴-۲ چاه B ۶۱
۳-۴-۲-۱ لایه‌بندی ۶۱
۳-۴-۲-۲ شکستگی‌ها ۶۱
۳-۴-۳ چاه C ۶۴
۳-۴-۳-۱ لایه‌بندی ۶۴
۳-۴-۳-۲ شکستگی‌ها ۶۴
۳-۵ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۶۷

فصل چهارم: مدل‌سازی شبکه گسسته شکستگی‌ها ۶۸

۴-۱ مقدمه ۶۹
۴-۲ تعریف رخساره‌های سنگی ۶۹
۴-۳ آنالیز شکستگی‌ها ۷۳
۴-۳-۱ شدت شکستگی ۷۴
۴-۳-۲ دهانه شکستگی‌ها ۷۶
۴-۳-۳ چگالی شکستگی‌ها ۷۹
۴-۳-۴ جهت‌گیری شکستگی‌ها ۸۶
۴-۳-۵ دسته‌بندی شکستگی‌ها ۹۳
۴-۳-۶ اندازه و شکل شکستگی‌ها ۹۷

۴-۴ ساخت ناحیه مورد نظر ۱۰۰
۴-۵ ساختن مدل‌های شبکه گسسته شکستگی ۱۰۲
۴-۵-۱ فرآیند تصادفی ۱۰۳
۴-۵-۲ شرطی‌سازی فرآیندهای تصادفی ۱۰۳
۴-۶ آنالیز دینامیکی شکستگی‌ها ۱۰۸
۴-۶-۱ هدف از آنالیزهای دینامیکی ۱۰۸
۴-۶-۲ آنالیزهای انجام شده بر روی چاه‌های مورد مطالعه ۱۰۹
۴-۷ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۱۱۶

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۱۷

۵-۱ نتیجه‌گیری ۱۱۷
۵-۲ پیشنهادات ۱۲۰

منابع ۱۲۲

فهرست شکل‌ها **صفحه**

شکل ۱-۱ الف) مدل دیسکی بیچر ب) مدل ونزیانو ج) مدل درشوویتز ۱۰

شکل ۲-۱ مورفولوژی شکستگی‌ها..... ۱۷

شکل ۲-۲ نمایش شکستگی‌های القایی و ریزش دیواره و استرس‌های بیشینه و کمینه در گمانه ۲۱

شکل ۲-۳ داده‌های مورد استفاده در نرم‌افزار ۳۴

شکل ۳-۱ موقعیت جغرافیایی میدان مورد مطالعه و گنبد شمالی واقع در خلیج فارس ۴۱

شکل ۳-۲ کمان قطر- فارس، حوضه‌های نمکی پرکامبرین در منطقه خلیج‌فارس و موقعیت گسل‌های پی‌سنگی با امتداد شمال- شمال‌شرق در خاورمیانه و پیرامون میدان گازی ۴۳

شکل ۳-۳ طبقه‌بندی ارائه شده برای واحدهای سنگی پرموتریاس ۴۴

شکل ۳-۴ چینه‌شناسی میدان مورد مطالعه. ۴۸

شکل ۳-۵ مدل مفهومی پیدایش سری‌های مختلف شکستگی در سازندهای..... ۵۰

شکل ۳-۶ موقعیت مکانی چاه‌های مورد مطالعه بر روی نقشه افق لرزه‌ای در بلوک انتخابی ۵۱

شکل ۳-۷ نمودار گل‌سرخی (الف) و قطبی (ب) لایه‌بندی در چاه A..... ۵۳

شکل ۳-۸ تغییرات شیب لایه‌بندی در چاه A..... ۵۳

شکل ۳-۹ شکستگی‌های رسانا (پیکان آبی رنگ با تدپل دایره‌ای) ، شکستگی‌های محتمل باز (پیکان آبی رنگ با تدپل منفی). ۵۵

شکل ۳-۱۰ اطلاعات مربوط به جهت شیب و امتداد شکستگی‌ها در کل فاصله نمودارگیری شده در چاه A. ۵۶

شکل ۳-۱۱ شکستگی‌های باز متفرقه (پیکان‌های آبی رنگ با تدپل مثلثی)، شکستگی‌های مقاوم (پیکان‌های آبی آسمانی رنگ با تدپل دایره‌ای). ۵۷

شکل ۳-۱۲ نمودار گل‌سرخی (الف) و قطبی (ب) شکستگیهای القایی در چاه A..... ۵۹

شکل ۳-۱۳ گسل شناسایی شده در چاه A (پیکان صورتی با تدپل مربعی). ۶۰

شکل ۳-۱۴ نمودار قطبی (الف) و گل‌سرخی (ب) انواع شکستگی‌های طبیعی باز در چاه B..... ۶۲

شکل ۳-۱۵ نمودار گل‌سرخی (الف) و قطبی (ب) شکستگی‌های القایی در چاه B..... ۶۳

شکل ۳-۱۶ تغییرات شیب شکستگی‌های القایی در چاه B ۶۳
شکل ۳-۱۷ نمودار گل‌سرخی (الف) و قطبی (ب) شکستگی‌های طبیعی در چاه C ۶۵
شکل ۳-۱۸ نمودار گل‌سرخی (الف) و قطبی (ب) شکستگی‌های القایی در چاه C..... ۶۶
شکل ۴-۱ رخساره‌های سنگی تعریف شده به صورت الگوها و رنگ مربوطه یا هر رخساره..... ۷۰
شکل ۴-۲ نمایش سه‌بعدی شکستگی‌های قطع‌کننده چاه A و رخساره‌های آن ۷۱
شکل ۴-۳ نمایش سه‌بعدی شکستگی‌های قطع‌کننده چاه B و رخساره‌های آن. ۷۲
شکل ۴-۴ نمایش سهبعدی شکستگیهای قطعکننده چاه C و رخساره‌های آن..... ۷۲
شکل ۴-۵ نشان‌دادن شکستگی‌ها در طول گمانه ۷۵
شکل ۴-۶ شکستگی موجود در رخساره و پارامترهای تعیین دهانه شکستگی. ۷۸
شکل ۴-۷ آنالیز چاه و نمودار چگالی محاسبه شده در چاه A. ۸۲
شکل ۴-۸ آنالیز چاه و نمودار چگالی محاسبه شده در چاه B..... ۸۳
شکل ۴-۹ آنالیز چاه و نمودار چگالی محاسبه شده در چاه C..... ۸۴
شکل ۴-۱۰ تأثیر درصد فراوانی رخساره‌ها بر حسب چگالی شکستگی در ایجاد شکستگی‌ها. ۸۵
شکل ۴-۱۱ نمایش جهت‌گیری شکستگی‌ها در سه چاه مورد مطالعه به روش تدپل..... ۸۸
شکل ۴-۱۲ نحوه قرائت مقادیر شیب و آزیموت شیب بر روی استریودیاگرام ۸۹
شکل ۴-۱۳ نمایش شکستگی در قالب قطب مربوطه ۹۰
شکل ۴-۱۴ جهت‌گیری شکستگی‌های باز در چاه A..... ۹۱
شکل ۴-۱۵ جهت‌گیری شکستگی‌های باز در چاه B..... ۹۲
شکل ۴-۱۶ جهت‌گیری شکستگی‌های باز در چاه C ۹۲
شکل ۴-۱۷ اطلاعات جهت‌گیری دسته شکستگی‌ها. ۹۴
شکل ۴-۱۸ اطلاعات جهت‌گیری دسته شکستگی N45. ..... ۹۵
شکل ۴-۱۹ اطلاعات جهت‌گیری دسته شکستگی N50. ..... ۹۵
شکل ۴-۲۰ اطلاعات جهت‌گیری دسته شکستگی N127. ..... ۹۶
شکل ۴-۲۱ مشاهده رز دیاگرام دسته شکستگی‌ها و موقعیت چاه‌ها بر روی افق لرزه‌ای ناحیه مورد مطالعه از مخزن. ۹۷

شکل ۴-۲۲ مدل مربعی شکستگی در نرم‌افزار FRACAFLOW ۹۹
شکل ۴-۲۳ مدل بیضوی شکستگی در نرم‌افزار FRACAFLOW ۹۹
شکل ۴-۲۴ ناحیه انتخاب شده (شعاعی در اطراف چاه) جهت مدلسازی..... ۱۰۱
شکل ۴-۲۵ ناحیه انتخاب شده (انتخاب سلولهای بین چاهها) جهت مدلسازی ۱۰۱
شکل ۴-۲۶ مدل تصادفی DFN ساخته‌شده در چاه B ۱۰۴
شکل ۴-۲۷ مدل تصادفی DFN ساخته‌شده در چاه B..... ۱۰۵
شکل ۴-۲۸ مدل تصادفی DFN ساخته‌شده در چاه B ۱۰۶
شکل ۴-۲۹ مدل DFN ساخته شده در ناحیه بین چاه‌های مورد مطالعه..... ۱۰۷
شکل ۴-۳۰ مدل DFN ساخته شده در ناحیه بین چاه‌های مورد مطالعه..... ۱۰۷
شکل ۴-۳۱ مدل DFN ساخته شده در ناحیه بین چاه‌های مورد مطالعه..... ۱۰۸
شکل ۴-۳۲ داده‌های دینامیکی موجود در هر چاه جهت انجام آنالیزهای دینامیکی. ۱۱۰
شکل ۴-۳۳ نمودارهای دینامیکی در چاه D. ۱۱۲
شکل ۴-۳۴ نمودارهای دینامیکی در چاه E. ۱۱۳
شکل ۴-۳۵ نمودارهای دینامیکی در چاه F. ۱۱۴
شکل ۴-۳۶ نمودارهای دینامیکی در چاه G..... ۱۱۵

فهرست جداول

صفحه

جدول ۲-۱ نشانگرهای تشخیص گسل ۲۳
جدول ۳-۱ شکستگی‌های القایی شناسایی شده در چاه A ۵۸
جدول ۳-۲ نشانگرها و نشانه‌های گسل در چاه A. ۶۰
جدول ۳-۳ شکستگی‌های القایی شناسایی شده در چاه A ۶۶
جدول ۴-۱ رخساره‌های سنگی تعریف شده به عنوان ورودی در مدلسازی ۷۰
جدول ۴-۲ میانگین دهانه شکستگی‌های محاسبه شده در چاه‌های مورد مطالعه. ۷۸
جدول ۴-۳ روش‌های محاسبه لاگ چگالی شکستگی در FRACAFLOW ۸۰
جدول ۴-۴ اطلاعات آماری تأثیر رخساره‌ها در ایجاد شکستگی‌ها ۸۵
جدول ۴-۵ اطلاعات آماری چگالی شکستگی در چاه‌های مورد مطالعه. ۸۶
جدول ۴-۶ اطلاعات آماری دسته شکستگی‌ها. ۹۳
جدول ۵-۱ شدت شکستگی محاسبه شده در چاه‌های مورد مطالعه ۱۱۸
جدول ۵-۲ طلاعات آماری چگالی شکستگی در چاه‌های مورد مطالعه ۱۱۹
جدول ۵-۳ اطلاعات آماری تأثیر رخساره‌ها در ایجاد شکستگی‌ها ۱۱۹

۱ فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

شکستگی[1]ها ساختارهای فراگیری هستند که در انواع متفاوت سنگ‌ها و توالی‌های تکتونیکی[2] و در یک محدوده مقیاسی گسترده رخ می‌دهند. تراوایی[3] این ساختارهای ناهمگون ممکن است به طور متوسط، از نظر بزرگی مقداری بالاتر یا کمتر از سنگ‌های ماتریکس اطرافشان باشد. در نتیجه، شکستگی‌ها و گسل‌ها در سنگ‌ها اجزای مهمی از مهاجرت و جریان هیدروکربن همانند به دام افتادن هیدروکربن، می‌باشند. به این دلیل، داشتن دانش و مدلسازی هندسه و خصوصیات شکستگی‌های منفرد و الگوی شکستگی، برای ارزیابی بهتر بازیافت نفت[4] و بهینه کردن تولید از مخازن شکسته کربناته، حیاتی می‌باشد (*Vincent and Caumon, 2009*).

بسیاری از میادین هیدروکربوری در ایران نیز از نوع میادین شکافدار طبیعی هستند که دارای نرخ تولید بسیار بالا می‌باشند. تمامی مخازن، مخازن شکافدار طبیعی[5] با یک درجه مشخص از شکستگی تلقی می‌شوند (*Aguilera, 1995*). مخزن شکافدار، مخزنی است که در آن شکستگی‌ها تراوائی مخزن را تحت تأثیر قرار داده و در نتیجه نرخ تولید و بازیافت هیدروکربور افزایش یافته است (*Narr et al., 2006*). شناسایی، پردازش و ارزیابی شکستگی‌های طبیعی یکی از اهداف مهم در مطالعات مخزن برای زمین-شناسان، متخصصین ژئوفیزیک و مهندسان نفت برای اکتشاف و توسعه مناسب مخزن می‌باشد.

سنگ‌های کربناته دارای بافت و شبکه خلل وفرج پیچیده درنتیجه‌ی تاریخچه رسوب‌گذاری و دیاژنز آنها می‌باشند. ناهمگونی در تمامی مقیاس‌ها می‌باشند - درخلل وفرج، دانه‌های سنگ و بافت. ضریب

[1] *Fractures*
[2] *Tectonic settings*
[3] *Permeability*
[4] *Oil recovery*
[5] *Naturally Fracture Reservoir*

بازیافت[6] میانگین برای تمامی مخازن حدود ۳۵٪ می‌باشد. اگرچه ضریب بازیافت در مخازن ماسه‌سنگی بیشتر از مخازن کربناته می‌باشد. از دلایل آن می‌توان به ماهیت رسوب، نحوه و محیط رسوب‌گذاری و دیاژنز را نام برد که باعث تغییرات زیادی بخصوص در تخلخل و تراوایی می‌گردند. بیش از ۶۰٪ ذخایر نفت جهان و ۴۰٪ از ذخایر گاز جهان در کربناته‌ها قرار دارند. خاورمیانه دارای ۶۲٪ از ذخایر نفتی اثبات-شده جهان می‌باشد و تقزیباً ۷۰٪ از این مقدار در کربناته‌ها واقع است. همچنین تقریباً ۴۰٪ از ذخایر گاز تثبیت‌شده جهان در خاورمیانه قرار دارد که ۹۰٪ از این ذخایر گازی در سنگ‌های کربناته قرار دارد (*Schlumberger, 2007*).

مطالعه حاضر بر روی یکی از میادین عظیم کربناته واقع در جنوب ایران انجام شده است. مخزن کربناته این میدان از چندین لایه مخزنی تشکیل گردیده است که به‌وسیله ویژگی‌های مخزنی متفاوتشان متمایز شده‌اند. مطالعه حاضر با استفاده از نتایج تفسیر نمودارهای تصویری جهت انجام آنالیزها و در نهایت مدلسازی شکستگی‌ها در چاه‌های مورد مطالعه این میدان، انجام گردیده است.

هدف از توصیف و مدلسازی مخازن شکسته طبیعی ساختن مدل‌های عددی از سنگ و شکستگی‌ها، آماده‌سازی داده‌های ورودی برای شبیه‌سازی واقعی و آنالیزهای شبیه‌سازی جریان سیال می‌باشد. لازمه این کار، داشتن دانش لازم و کافی از ناهمگونی‌های شکستگی‌ها و تطابق آنها در موقعیت چاه و نواحی بین چاه‌ها می‌باشد. تعیین تراکم شکستگی‌ها، امتداد و جهت شیب آنها، میزان بازشدگی، فاصله آنها از یکدیگر، باز و بسته بودن آنها و در نهایت ارائه الگوی مناسب از شکستگی‌های مخازن، کمک فراوانی به برنامه‌ریزی‌های توسعه و تولید میادین نفتی می‌نماید (*Tran, 2004*).

[6] *Recovery Factor*