



پایان نامه دوره کارشناسی ارشد
مهندسی معدن گرایش ژئومکانیک نفت

ساخت مدل ژئومکانیکی سه بعدی مخزن هیدروکربنی بر اساس داده های لرزه ای
جهت تحلیل مخزن و پایداری چاه

نگارش:

عرفان رحیمی

استاد راهنما:

دکتر حسن قاسم زاده

استاد مشاور:

دکتر محمدفورمن اصغرزاده

شهریور ۱۴۰۱

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم به:

«ایرانیان غیور» هموطنان عزیزی که به سبب پاسداری آنان از فرهنگ و جغرافیای این مرز و بوم، نام جغرافیای ایران عزیز را در جهان زنده نگه داشته‌اند، امیدوارم که با این پژوهش گوشه‌ای از الطاف این عزیزان را که این حقیر به سبب هزینه دولتی که حق تکتک این عزیزان بوده، در جوامع علمی حضور پیدا کرده‌ام، را ادا نمایم.

«پدر بزرگوارم» او که به من آموخت که دردهای بزرگ از آن مردان بزرگ است، لیکن از آن به کوچکی یاد می‌کنند و دردهای کوچک از آن مردان کوچک، و به من آموخت تا انتخاب کنم.

«مادر مهربانم» او که فروغ نگاهش، گرمی کلامش و روشنی رویش سرمایه‌های جاودانه زندگی من است و وجود پرمهرش برایم عزیزترین است. مادر، در برابر وجود نازنینت زانوی ادب به زمین می‌نهم و با دلی مالا مال از عشق و محبت متواضعانه بر دستانت بوسه می‌زنم.

«همسر و خواهران عزیزم» که در سراسر زندگی تحصیلیم از نظر مادی و معنوی با دستان پاکتان از هیچ کوششی دریغ نورزیدید و همواره در همه حال همراه و یاور من بوده‌اید با تمام وجود دوستتان دارم و انشالله بتوانم ذره‌ای ناچیز از زحمات بی‌پایانی که به سبب من متحمل شده‌اید را جبران نمایم.



تأییدیه هیأت داوران

هیأت داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان: "ساخت مدل ژئومکانیکی سه بعدی مخزن هیدروکربنی بر اساس داده های لرزه ای جهت تحلیل مخزن و پایداری چاه" توسط عرفان رحیمی صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی معدن - گرایش ژئومکانیک نفت در تاریخ مورد تأیید قرار دادند.

۱- استاد راهنما	آقای دکتر حسن قاسم زاده	امضاء
۲- استاد مشاور	آقای دکتر محمدفورمن اصغرزاده	امضاء
۳- استاد مشاور صنعتی	آقای مهندس مهدی ابوالحسنی	امضاء
۴- ممتحن خارجی	آقای دکتر منصور قربانی	امضاء
۵- ممتحن داخلی	آقای دکتر محمدعلی ایرانمنش	امضاء
۶- نماینده تحصیلات تکمیلی	آقای دکتر	امضاء

دانشکده عمران

تاریخ:

بسمه تعالی

شماره: تاریخ:	اظهارنامه دانشجو	 تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
اینجانب عرفان رحیمی دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی معدن گرایش ژئومکانیک نقش دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان‌نامه با عنوان: "ساخت مدل ژئومکانیکی سه‌بعدی مخزن هیدروکربنی بر اساس داده‌های لرزه‌ای جهت تحلیل مخزن و پایداری چاه" با راهنمایی استاد محترم جناب آقای خانم دکتر حسن قاسم‌زاده، توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده در این پایان‌نامه مورد تأیید می‌باشد، و در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تا کنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام. امضاء دانشجو: تاریخ:		

شماره: تاریخ:	حق طبع و نشر و مالکیت نتایج	 تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد. ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد. ۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست. همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مراجع مجاز نمی باشد. * توجه: این فرم می بایست پس از تکمیل، در نسخ تکثیر شده قرار داده شود.		

تشکر و قدردانی

سپاس ایزد یکتا را که این موهبت را به من ارزانی داشت تا در پرتو تلاش و کوشش این پژوهش را به انجام رسانم. بدون شک این کار پژوهشی با راهنمایی اساتید ارجمند جناب آقای دکتر حسن قاسم‌زاده و جناب آقای دکتر محمدفورمن اصغرزاده و کمک و مشاوره کارشناسان و متخصصین مدیریت محترم اکتشاف شرکت ملی نفت ایران، جناب آقای مهندس مهدی ابوالحسنی، جناب آقای مهندس سجاد ذبیحی، جناب آقای دکتر ایرج عبدالهی‌فرد، جناب آقای دکتر ابوالفضل میری، جناب آقای دکتر حسین خوشدل و سرکار خانم دکتر نوری امکان پذیر گشته است. بنابراین شایسته است تا از همکاری این سروران نهایت سپاسگزاری را به عمل آورم.

از مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران، رئیس اداره پژوهش فناوری مدیریت اکتشاف جناب آقای دکتر علیرضا میقانی‌نژاد و سرورانی هم چون جناب آقای دکتر حسین جلالیفر، جناب آقای دکتر مجتبی بهال‌دینی، جناب آقای دکتر هرمز قلاوند، جناب آقای دکتر منصور قربانی، جناب آقای مهندس ناصر نوری و جناب آقای مهندس ایوب فتاحی نهایت قدردانی را داشته باشم، چون این بزرگواران در شکل‌گیری نظام علمی و حرفه‌ای این حقیر کمک شایانی نموده‌اند.

در پایان بر خود لازم میدارم از تمامی اساتید بزرگواری که در رشد و ساخت بنای علمی و حرفه‌ای اینجانب نقش داشته‌اند، و دوستان ارجمندی همچون جناب آقای مهندس بهنام قبادی که همواره در تمامی مقاطع تحصیلی دانشگاهی اینجانب را همیاری نموده‌اند، نهایت قدر دانی را داشته باشم.

چکیده

امروزه علم ژئومکانیک در صنعت نفت و گاز جایگاه بسیار ویژه‌ای پیدا نموده است. این جایگاه در بسیاری از مباحث این صنعت نظیر حفاری، اکتشاف و بهره‌برداری بسیار پررنگ‌تر است. به گونه‌ای که حتی باوجود پیشرفت‌های چشمگیر در فناوری مدرن حفاری، یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌روی حفاری در صنعت نفت و گاز، بحث کنترل پایداری چاه است. ناپایداری چاه و مشکلات ناشی از آن ممکن است در مراحل مختلف حفاری هنگام تکمیل یا تولید و بهره‌برداری رخ دهد. عواملی نظیر میدان تنش و توزیع آن‌ها، استحکام و خواص شیمیایی سنگ‌ها، فشارمنفذی، وزن گل و خواص شیمیایی سیال حفاری نقش کلیدی را در پایداری چاه ایفا می‌کنند. بسیاری از این عوامل خارج از کنترل طراحان و مهندسان است. اما با کنترل عوامل قابل کنترل مانند وزن و مشخصات گل حفاری و مسیر حفاری می‌توان شرایط بهینه را برای حفاری ایمن فراهم کرد. پایداری چاه مستلزم ارائه اطلاعات کامل از گزارش‌های داده‌های پتروفیزیکی و ژئومکانیکی است. برای نیل به موضوعات یادشده در بالا، به یک مدل تک‌بعدی از محل چاه با استفاده از داده‌های چاه‌نگاری و مدل سه‌بعدی ژئومکانیکی جامع نیاز است. در مطالعه حاضر ما به بررسی و مدل‌سازی یک و سه‌بعدی چند میدان هم‌جوار در جنوب غرب رشته‌کوه زاگرس پرداختیم. ابتدای شروع این مطالعه یک بررسی جامع از داده‌های موجود به عمل آمد و با استفاده از روش‌های نوین یادگیری ماشین نواقص داده‌ها را تکمیل نمودیم که در این بخش الگوریتم ترکیبی شبکه عمیق هم‌آمیخت واحد بازگشتی دروازه‌دار (DCGRU) برای پیش‌بینی نواقص اتخاذ گردید. نتایج بسیار مطلوبی از بخش حاصل گردید. سپس با استفاده از وارون‌سازی هم‌زمان داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی قبل از برانبارش مکعب‌های امپدانس آکوستیکی، امپدانس برشی و جرم حجمی از عمق ۷۰۰ متری تا عمق ۵۰۰۰ متری برآورد شد. سپس با استفاده از این مکعب‌ها پارامترهای دینامیکی نظیر مدول یانگ، مدول برشی، تخلخل، نفوذپذیری، مدول بالک، محاسبه گردید. در مرحله بعد با استفاده از اطلاعات چاه‌نگاری پارامترهای دینامیکی برای چهار حلقه چاه موجود در محدوده مورد مطالعه برآورد شد. برای ساخت مدل سه‌بعدی با استفاده محاسبه‌شده سه‌بعدی و تک‌بعدی، پهنه‌بندی مکانیکی انجام شد و محدوده با ابعاد $27 \times 23 \times 5$ کیلومتر در جهت عمقی (۵۰۰m) به ۴۵ زون مکانیکی تقسیم شد. سپس برای هر زون خواص دینامیکی به خواص استاتیکی معادل‌سازی شد. سپس مدل‌سازی تک‌بعدی و تخمین فشارمنفذی در محل چاه انجام گرفت. جهت مدل‌سازی سه‌بعدی با استفاده از روش عددی المان محدود به صورت تنیده یک‌طرفه انجام گرفت. سپس مقادیر تنش‌های کل و تنش‌های مؤثر برآورد شد. که در نهایت با مدل‌سازی تک‌بعدی مقایسه شدند و هم‌پوشانی مناسبی بین تنش‌های محاسبه شده در حالت سه‌بعدی با تک‌بعدی برای هر پهنه وجود داشت.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی ژئومکانیکی، وارون‌سازی، مدل‌سازی تک‌بعدی، فشارمنفذی، تنیده یک‌طرفه

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
چکیده	ح
فصل ۱- مقدمه	۱
۱-۱- پیشگفتار	۲
۲-۱- ژئومکانیک	۲
۳-۱- ژئوفیزیک	۴
۱-۳-۱- روش‌های ژئوفیزیکی	۵
۱-۳-۱-۱- وارون‌سازی لرزه‌ای	۶
۴-۱- اهداف تحقیق	۸
۵-۱- اهمیت و ضرورت تحقیق	۹
۶-۱- ساختار پژوهش	۹
فصل ۲- کلیات و ادبیات پژوهش	۱۱
۱-۲- کلیات تحقیق	۱۲
۲-۲- یادگیری ماشین	۱۲
۱-۲-۲- شبکه‌های عصبی مصنوعی	۱۲
۱-۲-۲-۱- معیارهای ارزیابی	۱۵
۲-۲-۲- تابع بهینه‌سازی	۱۵
۳-۲-۲- توابع فعال‌ساز	۱۶
۲-۲-۲- زبان برنامه‌نویسی پایتون	۱۹
۳-۲- کلیات وارون‌سازی لرزه‌ای	۲۰
۱-۳-۲- معادلات زوپریتز	۲۱
۱-۳-۲-۱- تقریب معادلات زوپریتز	۲۲
۲-۳-۲- مدل لرزه‌ای مستقیم	۲۳
۳-۳-۲- موجک لرزه‌ای	۲۵
۴-۳-۲- مدل هم‌آمیخت	۲۶
۵-۳-۲- وارون‌سازی لرزه‌ای پس از برانبارش	۲۷
۶-۳-۲- وارون‌سازی لرزه‌ای پیش از برانبارش	۲۷
۱-۶-۳-۲- وارون‌سازی مبتنی بر مدل	۲۸
۷-۳-۲- وارون‌سازی هم‌زمان	۳۱

۳۳	۱-۷-۳-۲- وارون سازی پس از برانبارش برای امیدانس P.....
۳۶	۲-۷-۳-۲- تبدیل از دورافت به زاویه.....
۳۸	۳-۷-۳-۲- تعریف دامنه در مقابل دورافت/زاویه (AVO/AVA).....
۳۸	۴-۷-۳-۲- نرم افزار همپسون-راسل.....
۳۹	۴-۲- مدل زمین مکانیکی زمین یا ژئومکانیکی.....
۴۰	۱-۴-۲- مدل یک بعدی و دوبعدی ژئومکانیکی.....
۴۰	۱-۴-۲- وضعیت میدان تنش در زمین.....
۴۲	۲-۴-۲- وضعیت توزیع تنش های حول محور چاه.....
۴۴	۳-۴-۲- پایداری چاه.....
۴۴	۴-۴-۲- مکانیسم ناپایداری حول محور چاه.....
۴۷	۵-۴-۲- اهمیت پنجره گل حفاری.....
۴۸	۶-۴-۲- نرم افزار تک لاگ.....
۴۹	۲-۴-۲- مدل سه بعدی ژئومکانیکی.....
۴۹	۱-۲-۴-۲- نرم افزار پترل.....
۵۰	۲-۲-۴-۲- نرم افزار ویسیج.....
۵۰	۳-۲-۴-۲- نرم افزار اکلیپس.....
۵۰	۵-۲- پیشینه تحقیق.....
۵۱	۱-۵-۲- ادبیات پژوهش لرزه ای.....
۵۶	۲-۵-۲- ادبیات پژوهش ژئومکانیکی.....
۶۱	۶-۲- جمع بندی فصل دوم.....
۶۲	فصل ۳- شرح کلی محدوده مورد مطالعه.....
۶۳	۱-۳- زمین شناسی عمومی و موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه.....
۶۵	۱-۱-۳- ویژگی های بارز ناحیه مورد مطالعه.....
۶۶	۲-۳- تاریخچه تکتونیکی محدوده مورد مطالعه.....
۶۶	۳-۳- سازندهای موجود در ناحیه مورد مطالعه.....
۶۶	۱-۳-۳- سازند آگاجاری.....
۶۶	۲-۳-۳- سازند میشان.....
۶۷	۳-۳-۳- سازند گچساران.....
۶۷	۴-۳-۳- سازند آسماری.....
۶۷	۵-۳-۳- سازند چهارم.....
۶۸	۶-۳-۳- سازند پابده.....
۶۸	۷-۳-۳- سازند گورپی.....

۶۹.....	۸-۳-۳ سازند ایلام.....
۶۹.....	۹-۳-۳ سازند لافان.....
۷۰.....	۱۰-۳-۳ سازند سروک.....
۷۱.....	۱۱-۳-۳ سازند کژدمی.....
۷۱.....	۱۲-۳-۳ سازند داریان.....
۷۲.....	۱۳-۳-۳ سازند گدوان.....
۷۲.....	۱-۱۳-۳-۳ ماسه سنگ زیر.....
۷۲.....	۲-۱۳-۳-۳ بخش آهکی خلیج.....
۷۳.....	۱۴-۳-۳ سازند فهلپان.....
۷۴.....	۱۵-۳-۳ سازند گرو.....
۷۴.....	۱۶-۳-۳ اطلاعات دیرینه شناسی محدوده مورد مطالعه.....
۷۵.....	۴-۳ اطلاعات لرزه ای محدوده مورد مطالعه.....
۸۰.....	فصل ۴- مواد و روش ها.....
۸۱.....	۱-۴ نحوه اجرای مدل سازی ژئومکانیکی.....
۸۱.....	۲-۴ ارزیابی اطلاعات ورودی.....
۸۲.....	۱-۲-۴ یادگیری عمیق هم آمیخت واحد بازگشتی دروازه ای (DCGRU).....
۸۳.....	۱-۱-۲-۴ ساختار شبکه DCGRU.....
۸۶.....	۳-۴ فرآیند وارون سازی لرزه ای در پژوه حاضر.....
۸۶.....	۱-۳-۴ وارون سازی پس از برانبارش.....
۸۷.....	۲-۳-۴ وارون سازی پیش از برانبارش.....
۸۷.....	۴-۴ فرآیند مدل سازی ژئومکانیکی.....
۸۸.....	۱-۴-۴ استخراج پارامترهای ژئومکانیکی از وارون سازی لرزه ای.....
۸۸.....	۱-۱-۴-۴ نسبت پواسون.....
۸۸.....	۲-۱-۴-۴ مدول یانگ.....
۸۸.....	۳-۱-۴-۴ عدد سختی برینل.....
۸۹.....	۴-۱-۴-۴ مدول باز شدن شکستگی.....
۸۹.....	۵-۱-۴-۴ شکنندگی.....
۸۹.....	۶-۱-۴-۴ تبدیل Lambda-Mu-Rho (LMR).....
۹۰.....	۲-۴-۴ برآورد پارامترهای الاستیک دینامیکی در محل چاه ها.....
۹۱.....	۳-۴-۴ پهنه بندی مکانیکی.....
۹۱.....	۴-۴-۴ معادل سازی پارامترهای الاستیکی دینامیکی به استاتیکی.....
۹۳.....	۵-۴-۴ تعیین تنش عمودی (روباره).....

۹۴.....	۴-۴-۶- فشار هیدرواستاتیک.....
۹۴.....	۴-۴-۷- برآورد فشارمنفذی.....
۹۴.....	۴-۴-۷-۱- رابطه ایتون.....
۹۵.....	۴-۴-۷-۲- رابطه باورز.....
۹۵.....	۴-۴-۷-۳- گرادیان شکست.....
۹۷.....	۴-۴-۸- روابط کاربردی پوروالاستیسیته.....
۹۸.....	۴-۴-۹- برآورد پنجره گل حفاری توسط معیار موهر - کلمب.....
۹۹.....	۴-۴-۱۰- برآورد پنجره گل حفاری توسط معیار موگی-کلمب.....
۱۰۰.....	۴-۴-۱۱- محیط متخلخل با معادلات تنیده.....
۱۰۰.....	۴-۴-۱۲- معادلات هیدرومکانیکی تنیده.....
۱۰۲.....	۴-۴-۱۲-۱- مدل تنیده یکطرفه.....
۱۰۲.....	۴-۴-۱۲-۲- همگرایی حجم منافذ.....
۱۰۲.....	۴-۵- جمع‌بندی فصل چهارم.....
۱۰۳.....	فصل ۵- بحث و نتایج مدل‌سازی پژوهش حاضر.....
۱۰۴.....	۵-۱- ارزیابی اطلاعات.....
۱۰۷.....	۵-۱-۱- تخمین نگاره چاه با استفاده از روابط تجربی و روش‌های نوین یادگیری عمیق.....
۱۰۸.....	۵-۱-۱-۱- انتخاب یک رویکرد مناسب جهت تخمین نگاره جرم‌حجمی (FDC or RHOB).....
۱۰۹.....	۵-۱-۱-۲- انتخاب یک رویکرد مناسب جهت تخمین نگاره تخلخل (CNL or NPHI).....
۱۰۹.....	۵-۱-۱-۳- انتخاب یک رویکرد مناسب جهت تخمین نگاره کندی برشی (Shear_Slowness or DTS).....
۱۱۶.....	۵-۱-۲- اصطلاح تراکم سازند سنگی.....
۱۱۷.....	۵-۱-۲-۱- مدل روند تراکم نرمال بر اساس تخلخل و جرم‌حجمی.....
۱۲۱.....	۵-۱-۲-۲- مدل‌های تخلخل.....
۱۲۳.....	۵-۱-۳- پروفیل‌های تخلخل نرمال برای سنگ‌های تخریبی (آواری).....
۱۲۶.....	۵-۱-۴- برآورد روند تراکم نرمال بر اساس کندی فشاری.....
۱۲۹.....	۵-۲- نتایج وارون‌سازی لرزه‌ای.....
۱۲۹.....	۵-۲-۱- وارون‌سازی لرزه‌ای از سطح تا زمان ۶۰۰ میلی‌ثانیه.....
۱۴۵.....	۵-۲-۲- وارون‌سازی لرزه‌ای از زمان ۶۰۰ میلی‌ثانیه تا زمان ۳۰۰۰ میلی‌ثانیه.....
۱۷۱.....	۵-۳- مدل‌سازی ژئومکانیکی.....
۱۷۱.....	۵-۳-۱- مدل‌سازی تک‌بعدی.....
۱۷۲.....	۵-۳-۱-۱- برآورد پارامترهای مقاومتی و الاستیکی الاستیکی.....
۱۷۵.....	۵-۳-۱-۲- برآورد فشارمنفذی.....
۱۸۱.....	۵-۳-۱-۳- بررسی پایداری چاه و تعیین پنجره گل حفاری.....

۱۹۴.....	۴-۱-۳-۵- تعیین رژیم گسل.....
۱۹۶.....	۴-۳-۵- مدل سازی سه بعدی ژئومکانیکی.....
۲۱۱.....	۴-۵- جمع بندی فصل پنجم.....
۲۱۲.....	فصل ۶- نتیجه گیری و پیشنهادات.....
۲۱۳.....	۶-۱- نتیجه گیری.....
۲۱۵.....	۶-۲- پیشنهادات.....
۲۲۷.....	فهرست منابع و مأخذ:.....
۲۴۲.....	واژه نامه انگلیسی به فارسی.....

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲. داده‌های موردنیاز جهت مدل‌سازی ژئومکانیکی.....	۳۹
جدول ۲-۲. دسته‌بندی اندرسون (تنش‌های اصلی در رژیم‌های تنش مختلف [۱۴۲].....	۴۰
جدول ۲-۳. جایگشت‌های تعیین حداکثر و حداقل فشار مجاز حفاری [۱۶۴].....	۴۳
جدول ۲-۴. انواع گسیختگی کششی احتمالی حول محور چاه [۱۶۹].....	۴۴
جدول ۲-۵. انواع گسیختگی برشی احتمالی حول محور چاه [۱۶۹].....	۴۵
جدول ۳-۱. مشخصات مکعب لرزه‌ای پس از برانبارش محدوده مورد مطالعه.....	۷۸
جدول ۳-۲. مشخصات داده لرزه‌ای پیش از برانبارش محدوده مورد مطالعه.....	۷۹
جدول ۳-۳. مشخصات کلی چاه‌های انتخاب شده در محدوده مورد مطالعه.....	۷۹
جدول ۴-۱. رابطه پارامترهای الاستیک با سرعت امواج فشاری و برشی.....	۹۰
جدول ۴-۲. روابط بین پارامترهای الاستیکی دینامیکی و استاتیکی خارج از ایران.....	۹۱
جدول ۴-۳. روابط بین پارامترهای الاستیکی دینامیکی و استاتیکی در کشور ایران.....	۹۲
جدول ۴-۴. روابط تجربی بین مقاومت فشاری تک‌محوره (UCS) و سایر خواص فیزیکی در سنگ آهک ..	۹۲
جدول ۴-۵. روابط تجربی بین مقاومت فشاری تک‌محوره (UCS) و سایر خواص فیزیکی در شیل	۹۲
جدول ۴-۶. روابط تجربی بین مقاومت فشاری تک‌محوره (UCS) و سایر خواص فیزیکی برای ماسه‌سنگ.....	۹۳
جدول ۴-۷. روابط تجربی بین زاویه اصطکاک داخلی و سایر خصوصیات.....	۹۳
جدول ۴-۸. روابط برآورد بیشترین فشار گل به‌عنوان حد پایینی فشار طبق معیار موهر-کلمب.....	۹۸
جدول ۴-۹. روابط برآورد کمترین فشار گل به‌عنوان حد بالایی فشار طبق معیار موهر-کلمب.....	۹۹
جدول ۴-۱۰. روابط برآورد بیشترین فشار گل به‌عنوان حد پایینی فشار طبق معیار موگی-کلمب.....	۹۹
جدول ۴-۱۱. روابط برآورد کمترین فشار گل به‌عنوان حد بالایی فشار طبق معیار موگی-کلمب.....	۹۹
جدول ۱-۵. داده‌های موردنیاز برای یک مطالعه جامع ژئومکانیکی.....	۱۰۷
جدول ۲-۵. پارامترهای موردنیاز جهت تخمین نگاره جرم‌حجمی با استفاده از الگوریتم DCGRU.....	۱۰۸
جدول ۳-۵. پارامترهای موردنیاز جهت تخمین نگاره جرم‌حجمی با استفاده از الگوریتم DCGRU.....	۱۰۹
جدول ۴-۵. پارامترهای موردنیاز جهت تخمین نگاره جرم‌حجمی با استفاده از الگوریتم DCGRU.....	۱۱۰
جدول ۵-۵. میزان همبستگی میان داده چاه‌نگاری و داده لرزه‌ای در محدوده مورد مطالعه.....	۱۴۵
جدول ۵-۶. نتایج تحلیل خصوصیات ژئومکانیکی برآورد شده از فرآیند وارون‌سازی.....	۱۶۶

جدول ۵-۷. نتایج طبقه‌بندی و تعیین رفتار مکانیکی بر اساس شاخص تردی و نرخ تنش محصور.....۱۶۷

جدول ۵-۸. محاسبه رژیم تنش برای گسل‌های نرمال، امتدادلغز و معکوس [۲]، [۴۳۲]، [۴۳۳].....۱۹۵

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱. دیاگرام شماتیکی مسائل ژئومکانیکی در صنعت نفت و گاز.....	۳
شکل ۲-۱. گردش کار ساخت یک مدل ژئومکانیکی جامع.....	۴
شکل ۳-۱. دسته‌بندی روش‌های وارون‌سازی لرزه‌ای.....	۶
شکل ۱-۲. (الف) تابع فعال‌ساز سیگموئید در دستگاه مختصات، (ب) مشتق تابع سیگموئید.....	۱۶
شکل ۲-۲. (الف) تابع تانژانت هایپربولیک در دستگاه مختصات، (ب) مشتق تابع تانژانت هایپربولیک.....	۱۷
شکل ۴-۲. یافتن مشکل بیش‌برازش با استفاده از اعتبارسنجی متقابل.....	۱۹
شکل ۵-۲. شماتیک پارامترهای مهم در وارون‌سازی لرزه‌ای.....	۲۰
شکل ۶-۲. محدوده باند فرکانسی داده‌های لرزه‌ای.....	۲۱
شکل ۷-۲. مفهوم تقسیم انرژی در سطح مشترک بین دولایه.....	۲۲
شکل ۸-۲. شماتیک فرآیندهای مدل‌سازی مستقیم و معکوس.....	۲۴
شکل ۹-۲. شماتیک خوشه، ردلرزه، نقاط میانی مشترک.....	۲۴
شکل ۱۰-۲. طیف فاز موجک لرزه‌ای.....	۲۵
شکل ۱۱-۲. فرآیند کامل هم‌آمیخت.....	۲۶
شکل ۱۲-۲. روش وارون‌سازی مبتنی بر مدل [۲۹۶].....	۳۰
شکل ۱۳-۲. گردش کار فرآیند کلی وارون‌سازی لرزه‌ای پیش از برانبارش.....	۳۲
شکل ۱۴-۲. نمودار متقاطع قسمت الف) $LN(I_p)$ در مقابل $LN(P)$ و قسمت ب) $LN(I_p)$ در مقابل $LN(I_s)$	۳۵
شکل ۱۵-۲. نمایش AVO و AVA دو ردلرزه برای یک رویداد.....	۳۶
شکل ۱۶-۲. مفهوم زاویه برخوردی و زاویه متوسط.....	۳۷
شکل ۱۷-۲. دسته‌بندی رژیم تنش اندرسون به همراه راهنمای کامل مکانیسم کانونی.....	۴۱
شکل ۱۸-۲. انتقال تنش از دستگاه مختصات کارتزینی به دستگاه مختصات قطبی [۱۵۷].....	۴۲
شکل ۱۹-۲. تأثیر وزن گل حفاری بر تنش حول محور چاه‌ها [۱۶۹].....	۴۸
شکل ۱-۳. موقعیت محدوده مورد مطالعه در جنوب غرب ایران [۳۰۴].....	۶۴
شکل ۲-۳. چارت چینه‌شناسی سازندهای کرتاسه در محدوده مورد مطالعه [۳۰۵].....	۶۵
شکل ۳-۳. هندسه داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی محدوده مورد مطالعه.....	۷۶
شکل ۴-۳. هندسه داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی همراه با چاه‌های انتخابی اولیه محدوده مطالعه.....	۷۷

- شکل ۳-۵. نمایی از چاه‌های انتخابی برای مدل‌سازی نهایی همراه با سرسازندها..... ۷۸
- شکل ۴-۱. شبکه DCGRU از یک ماژول ورودی، یک ماژول CNN، یک ماژول GRU..... ۸۳
- شکل ۴-۲. ساختار داخلی یک شبکه CNN..... ۸۴
- شکل ۴-۳. ساختار داخلی یک سلول GRU..... ۸۴
- شکل ۴-۴. چارچوب پیش‌بینی پارامتر مورد پیش‌بینی مدل شبکه هم‌آمیخت DCGRU..... ۸۵
- شکل ۴-۵. گردش کار کلی مدل‌سازی ژئومکانیکی..... ۸۸
- شکل ۴-۶. جهات مؤلفه‌های تنش‌های افقی متناظر با جهات شکستگی القایی و بیرون‌ریختگی دیواره..... ۹۸
- شکل ۴-۷. تنیده یک‌طرفه..... ۱۰۲
- شکل ۵-۱. اطلاعات و نگاره‌های موجود در چاه DB-01 (رنگ قرمز فواصل فاقد داده و سبز فواصل دارای..... ۱۰۴
- شکل ۵-۲. اطلاعات و نگاره‌های موجود در چاه D-01 (رنگ قرمز فواصل فاقد داده و سبز فواصل دارای..... ۱۰۵
- شکل ۵-۳. اطلاعات و نگاره‌های موجود در چاه D-02 (رنگ قرمز فواصل فاقد داده و سبز فواصل دارای..... ۱۰۵
- شکل ۵-۴. اطلاعات و نگاره‌های موجود الف) در چاه D-03 (رنگ قرمز فواصل فاقد داده و سبز فواصل..... ۱۰۶
- شکل ۵-۵. اطلاعات و نگاره‌های موجود در چاه D-04 (رنگ قرمز فواصل فاقد داده و سبز فواصل دارای..... ۱۰۶
- شکل ۵-۶. داده‌های تخمینی با استفاده از الگوریتم DCGRU برای چاه D-01 (خروجی نرم‌افزار PETREL..... ۱۱۱
- شکل ۵-۷. داده‌های تخمینی با استفاده از الگوریتم DCGRU برای چاه D-02 (خروجی نرم‌افزار PETREL..... ۱۱۲
- شکل ۵-۸. داده‌های تخمینی با استفاده از الگوریتم DCGRU برای چاه D-03 (خروجی نرم‌افزار PETRE..... ۱۱۳
- شکل ۵-۹. داده‌های تخمینی با استفاده از الگوریتم DCGRU برای چاه D-04 (خروجی نرم‌افزار PETREL..... ۱۱۴
- شکل ۵-۱۰. داده‌های تخمینی تخلخل با استفاده از الگوریتم DCGRU برای چهار حلقه چاه انتخابی..... ۱۱۵
- شکل ۵-۱۱. روند تراکم نرمال بر اساس تخلخل در چاه D-01..... ۱۱۷
- شکل ۵-۱۲. روند تراکم نرمال بر اساس جرم‌حجمی در چاه D-01..... ۱۱۸
- شکل ۵-۱۳. روند تراکم نرمال بر اساس تخلخل در چاه D-02..... ۱۱۸
- شکل ۵-۱۴. روند تراکم نرمال بر اساس جرم‌حجمی در چاه D-02..... ۱۱۸
- شکل ۵-۱۵. روند تراکم نرمال بر اساس تخلخل در چاه D-03..... ۱۱۸
- شکل ۵-۱۶. روند تراکم نرمال بر اساس جرم‌حجمی در چاه D-03..... ۱۱۹
- شکل ۵-۱۷. روند تراکم نرمال بر اساس تخلخل در چاه D-04..... ۱۱۹
- شکل ۵-۱۸. روند تراکم نرمال بر اساس جرم‌حجمی در چاه D-04..... ۱۱۹
- شکل ۵-۱۹. مدل نهایی روند تراکم نرمال بر اساس تخلخل برای چاه‌های انتخابی محدوده مورد مطالعه..... ۱۲۰
- شکل ۵-۲۰. مدل نهایی روند تراکم نرمال بر اساس جرم‌حجمی برای چاه‌های انتخابی محدوده..... ۱۲۰

- شکل ۵-۲۱. مدل‌های تراکم برای شیل‌ها و رسوبات شیلی همراه با مدل پژوهش حاضر [۴۰۲]..... ۱۲۱
- شکل ۵-۲۲. الف) رابطه جرم حجمی ظاهری و ب) رابطه تخلخل نسبت به عمق تدفین برای شیل‌های..... ۱۲۲
- شکل ۵-۲۳. مقایسه بین منحنی تراکم آتی و هدبرگ [۴۱۲]..... ۱۲۳
- شکل ۵-۲۴. مقایسه منحنی پروفیل عمقی نرمال. منحنی اصلی آتی، منحنی پروفیل تراکم شیل..... ۱۲۴
- شکل ۵-۲۵. تراکم مکانیکی در ماسه‌سنگ‌ها [۴۲۷]..... ۱۲۵
- شکل ۵-۲۶. تغییرات در تراکم ماسه‌سنگ با تدفین [۴۲۸]..... ۱۲۵
- شکل ۵-۲۷. روند تراکم نرمال بر اساس کندی فشاری برای چاه D-01..... ۱۲۶
- شکل ۵-۲۸. روند تراکم نرمال بر اساس کندی فشاری برای چاه D-02..... ۱۲۶
- شکل ۵-۲۹. روند تراکم نرمال بر اساس کندی فشاری برای چاه D-03..... ۱۲۷
- شکل ۵-۳۰. روند تراکم نرمال بر اساس کندی فشاری برای چاه D-04..... ۱۲۷
- شکل ۵-۳۱. مدل روند تراکم نرمال نهایی برای چاه D-01..... ۱۲۷
- شکل ۵-۳۲. مدل روند تراکم نرمال نهایی برای چاه D-02..... ۱۲۷
- شکل ۵-۳۳. مدل روند تراکم نرمال نهایی برای چاه D-03..... ۱۲۸
- شکل ۵-۳۴. مدل روند تراکم نرمال نهایی برای چاه D-04..... ۱۲۸
- شکل ۵-۳۵. مدل روند تراکم نرمال نهایی برای محدوده مورد مطالعه در پژوهش حاضر..... ۱۲۸
- شکل ۵-۳۶. موقعیت قرارگیری و هم‌پوشانی چاه‌ها انتخابی با داده‌های لرزه‌ای (خروجی نرم‌افزار HRS). ۱۲۹
- شکل ۵-۳۷. موجک آماری استخراج‌شده برای وارون‌سازی پس از انبارش..... ۱۳۰
- شکل ۵-۳۸. فرآیند گره دادن چاه به داده لرزه‌ای برای چاه D-01 (خروجی نرم‌افزار HRS)..... ۱۳۲
- شکل ۵-۳۹. فرآیند گره دادن چاه به داده لرزه‌ای برای چاه D-02 (خروجی نرم‌افزار HRS)..... ۱۳۳
- شکل ۵-۴۰. فرآیند گره دادن چاه به داده لرزه‌ای برای چاه D-03 (خروجی نرم‌افزار HRS)..... ۱۳۴
- شکل ۵-۴۱. فرآیند گره دادن چاه به داده لرزه‌ای برای چاه D-04 (خروجی نرم‌افزار HRS)..... ۱۳۵
- شکل ۵-۴۲. مدل فرکانس پایین از سرعت موج فشاری در وارون‌سازی پس از برانبارش..... ۱۳۶
- شکل ۵-۴۳. نمودار متقاطع امپدانس آکوستیکی در چاه‌ها و امپدانس محاسبه‌شده از وارون‌سازی..... ۱۳۷
- شکل ۵-۴۴. نمودار متقاطع امپدانس آکوستیکی در مقابل امپدانس برشی در چاه‌های انتخابی..... ۱۳۸
- شکل ۵-۴۵. مقادیر پارامتر ژئومکانیکی BHN محاسبه‌شده از وارون‌سازی پس از برانبارش..... ۱۳۹
- شکل ۵-۴۶. مقادیر پارامتر ژئومکانیکی شکنندگی محاسبه‌شده از وارون‌سازی پس از برانبارش..... ۱۴۱
- شکل ۵-۴۷. شکنندگی و شکل‌پذیری مواد بر اساس مدول یانگ و نسبت پواسون..... ۱۴۲
- شکل ۵-۴۸. مقادیر پارامتر ژئومکانیکی نسبت پواسون محاسبه‌شده از وارون‌سازی پس از برانبارش..... ۱۴۲

- شکل ۵-۴۹. مقادیر پارامتر ژئومکانیکی LR محاسبه شده از وارون سازی پس از برانبارش..... ۱۴۳
- شکل ۵-۵۰. مقادیر پارامتر ژئومکانیکی MR محاسبه شده از وارون سازی پس از برانبارش..... ۱۴۴
- شکل ۵-۵۱. تبدیل خوشه دورافت به خوشه زاویه با استفاده از مدل سرعت (خروجی نرم افزار HRS)..... ۱۴۶
- شکل ۵-۵۲. موجک استخراج شده به ازای هر زاویه با استفاده از چاه، الف) موجک در حوزه زمان ۱۴۶
- شکل ۵-۵۳. موجک استخراج شده آماری به ازای هر زاویه، الف) موجک در حوزه زمان، ب) موجک ۱۴۷
- شکل ۵-۵۴. فرآیند گره دادن چاه به داده لرزه ای برای چاه D-01 (خروجی نرم افزار HRS)..... ۱۴۸
- شکل ۵-۵۵. فرآیند گره دادن چاه به داده لرزه ای برای چاه D-02 (خروجی نرم افزار HRS)..... ۱۴۹
- شکل ۵-۵۶. فرآیند گره دادن چاه به داده لرزه ای برای چاه D-03 (خروجی نرم افزار HRS)..... ۱۵۰
- شکل ۵-۵۷. فرآیند گره دادن چاه به داده لرزه ای برای چاه D-04 (خروجی نرم افزار HRS)..... ۱۵۱
- شکل ۵-۵۸. آنالیز و صحت سنجی پارامترهای مورد نیاز فرآیند وارون سازی پیش از برانبارش چاه D-01 ۱۵۲
- شکل ۵-۵۹. آنالیز و صحت سنجی پارامترهای مورد نیاز فرآیند وارون سازی پیش از برانبارش چاه D-02 ۱۵۳
- شکل ۵-۶۰. آنالیز و صحت سنجی پارامترهای مورد نیاز فرآیند وارون سازی پیش از برانبارش چاه D-0 ۱۵۴
- شکل ۵-۶۱. آنالیز و صحت سنجی پارامترهای مورد نیاز فرآیند وارون سازی پیش از برانبارش چاه D-04 ۱۵۵
- شکل ۵-۶۲. الف) نمودار متقاطع امیدانس آکوستیکی چاه ها و وارون سازی، ب) نمودار متقاطع امیدانس ۱۵۶
- شکل ۵-۶۳. الف) نمودار متقاطع جرم حجمی چاه ها و وارون سازی، ب) نمودار متقاطع V_p/V_s چاه ها..... ۱۵۷
- شکل ۵-۶۴. نمودار متقاطع قسمت الف) $LN(I_p)$ در مقابل $LN(P)$ و قسمت ب) $LN(I_p)$ در مقابل $LN(I_s)$ ۱۵۸
- شکل ۵-۶۵. مقادیر سرعت موج فشاری محاسبه شده از وارون سازی پیش از برانبارش بر حسب M/S..... ۱۵۹
- شکل ۵-۶۶. مقادیر سرعت موج برشی محاسبه شده از وارون سازی پیش از برانبارش بر حسب M/S..... ۱۶۱
- شکل ۵-۶۷. نسبت سرعت موج فشاری به سرعت موج برشی حاصل از وارون سازی پیش از برانبارش ۱۶۲
- شکل ۵-۶۸. لایه های مهم شناسایی شده از دیدگاه ژئومکانیک با استفاده از نتایج وارون سازی و نگاره .. ۱۶۳
- شکل ۵-۶۹. مقادیر مدول یانگ حاصل از نتایج وارون سازی و نگاره چاه ها (خروجی نرم افزار HRS)..... ۱۶۳
- شکل ۵-۷۰. الف) شاخص تردی، ب) مختصات محلی نسبت به نقطه مبنا، ج) نسبت پواسون محدود)..... ۱۶۴
- شکل ۵-۷۱. کلاس بندی خصوصیات مکانیکی متوسط الف) چاه D-01، ب) چاه D-02، ج) چاه D-03 و د) .. ۱۶۵
- شکل ۵-۷۲. الف) مقادیر جرم حجمی (بر حسب GR/CC، ب) مقادیر امیدانس آکوستیکی ۱۶۸
- شکل ۵-۷۳. الف) خوشه زاویه ای اصلی، ب) مقدار باقی مانده، ج) خوشه زاویه ای مصنوعی..... ۱۶۸
- شکل ۵-۷۴. الف) نفوذ پذیری، ب) تخلخل، ج) ضریب بیو برای چاه D-02 (خروجی نرم افزار PETREL) . ۱۶۹
- شکل ۵-۷۵. الف) ضریب پواسون دینامیکی، ب) مدول یانگ دینامیکی، ج) شاخص تردی برای چاه D-0 ۱۷۰
- شکل ۵-۷۶. الف) BHN، ب) CSR، ج) امیدانس آکوستیکی مصنوعی برای چاه D-02 ۱۷۰

- شکل ۵-۷۷. پهنه‌بندی انجام‌شده با استفاده از سرعت موج فشار، مدول یانگ و رخساره سنگی۱۷۱
- شکل ۵-۷۸. مقادیر پارامترهای ژئومکانیکی استاتیکی و دینامیکی محاسبه‌شده در چاه D-01۱۷۲
- شکل ۵-۷۹. مقادیر پارامترهای ژئومکانیکی استاتیکی و دینامیکی محاسبه‌شده در چاه D-02۱۷۳
- شکل ۵-۸۰. مقادیر پارامترهای ژئومکانیکی استاتیکی و دینامیکی محاسبه‌شده در چاه D-03۱۷۴
- شکل ۵-۸۱. مقادیر پارامترهای ژئومکانیکی استاتیکی و دینامیکی محاسبه‌شده در چاه D-04۱۷۵
- شکل ۵-۸۲. مقادیر فشارمنفذی (الف) نمای کلی، (ب) ناحیه یک دارای MDT، (ج) ناحیه دو دارای MDT۱۷۷
- شکل ۵-۸۳. مقادیر فشارمنفذی (الف) نمای کلی، (ب) ناحیه دارای MDT، را با استفاده از سه رویکرد۱۷۸
- شکل ۵-۸۴. مقادیر فشارمنفذی (الف) نمای کلی، (ب) ناحیه دارای MDT، را با استفاده از سه رویکرد۱۷۹
- شکل ۵-۸۵. مقادیر فشارمنفذی (الف) نمای کلی، (ب) ناحیه دارای MDT، را با استفاده از سه رویکرد۱۸۰
- شکل ۵-۸۶. بررسی پایداری چاه و تعیین پنجره گل حفاری با استفاده از معیار شکست موهر-کلمب۱۸۳
- شکل ۵-۸۷. (الف) زون‌های شکست بر اساس معادلات موهر-کلمب، (ب) مقاطع عرضی پنجره ایمن گل۱۸۴
- شکل ۵-۸۸. بررسی پایداری چاه و تعیین پنجره گل حفاری با استفاده از معیار شکست موهر-کلمب ...۱۸۷
- شکل ۵-۸۹. (الف) زون‌های شکست بر اساس معادلات موهر-کلمب، (ب) مقاطع عرضی پنجره ایمن گل۱۸۸
- شکل ۵-۹۰. بررسی پایداری چاه و تعیین پنجره گل حفاری با استفاده از معیار شکست موهر-کلمب۱۹۰
- شکل ۵-۹۱. (الف) زون‌های شکست بر اساس معادلات موهر-کلمب، (ب) مقاطع عرضی پنجره ایمن گل۱۹۱
- شکل ۵-۹۲. بررسی پایداری چاه و تعیین پنجره گل حفاری با استفاده از معیار شکست موهر-کلمب۱۹۳
- شکل ۵-۹۳. (الف) زون‌های شکست بر اساس معادلات موهر-کلمب، (ب) مقاطع عرضی پنجره ایمن گل۱۹۴
- شکل ۵-۹۴. مقادیر فاکتور Q برای چاه‌های ناحیه مورد مطالعه (خروجی نرم‌افزار TECHLOG)۱۹۵
- شکل ۵-۹۵. ابعاد و نحوه شبکه‌بندی محدوده مورد مطالعه (خروجی نرم‌افزار PETREL)۱۹۶
- شکل ۵-۹۶. شبکه‌بندی نهایی محدوده مورد مطالعه (خروجی نرم‌افزار PETREL)۱۹۶
- شکل ۵-۹۷. پهنه‌بندی مکانیکی همراه با شبکه‌بندی ژئومکانیکی محدوده مورد مطالعه۱۹۷
- شکل ۵-۹۸. مکعب مدول یانگ استاتیکی برآورد شده همراه با مکان چاه‌ها۱۹۷
- شکل ۵-۹۹. مکعب مقاومت فشاری تک‌محوره برآورد شده همراه با مکان چاه‌ها۱۹۸
- شکل ۵-۱۰۰. (الف) مکعب فشارمنفذی (ب) فشار معادل وزن گل همراه با مقدار آن‌ها در هر چاه۱۹۸
- شکل ۵-۱۰۱. (الف) نمودار متقاطع مقادیر نفوذپذیری حاصل از شبکه عصبی پیش‌خور چند لایه،۱۹۹
- شکل ۵-۱۰۲. (الف) مکعب تخلخل (ب) مقایسه بین مقادیر تخلخل سه‌بعدی با چاه‌های انتخابی۲۰۰
- شکل ۵-۱۰۳. (الف) مکعب جرم حجمی، (ب) مقایسه بین مقادیر جرم حجمی سه‌بعدی با چاه‌های انتخابی۲۰۱
- شکل ۵-۱۰۴. (الف) مکعب نسبت پواسون، (ب) مقایسه بین مقادیر نسبت پواسون سه‌بعدی با چاه‌ها۲۰۲

- شکل ۵-۱۰۵. الف، مکعب زاویه اصطکاک داخلی، ب) مقایسه بین مقادیر زاویه اصطکاک داخلی سه بعدی ۲۰۳
- شکل ۵-۱۰۶. مکعب مقاومت کششی، ب) مقایسه بین مقادیر مقاومت کششی سه بعدی با چاه‌های انتخاب ۲۰۴
- شکل ۵-۱۰۷. مقطع مقادیر ضریب بيو، و مقایسه میان مقادیر ضریب بيو سه بعدی با چاه‌های انتخابی ۲۰۵
- شکل ۵-۱۰۸. الف) مقایسه برش مکعب تنش مؤثر XX برآورد شده همراه با مقادیر تنش مؤثر XX ۲۰۵
- شکل ۵-۱۰۹. الف) مقایسه برش مکعب تنش مؤثر YY برآورد شده همراه با مقادیر تنش مؤثر YY ۲۰۶
- شکل ۵-۱۱۰. الف) مقایسه برش مکعب تنش مؤثر ZZ برآورد شده همراه با مقادیر تنش مؤثر ZZ ۲۰۷
- شکل ۵-۱۱۱. الف) مقایسه برش مکعب تنش کل XX برآورد شده همراه با مقادیر تنش کل XX ۲۰۷
- شکل ۵-۱۱۲. الف) مقایسه برش مکعب تنش کل YY برآورد شده همراه با مقادیر تنش کل YY ۲۰۸
- شکل ۵-۱۱۳. الف) مقایسه برش مکعب تنش کل ZZ برآورد شده همراه با مقادیر تنش کل ZZ ۲۰۸
- شکل ۵-۱۱۴. همبستگی میان مقادیر تنش‌های اصلی کل و مؤثر برآورد شده با استفاده داده‌های چاه ۲۰۹
- شکل ۵-۱۱۵. مکعب کرنش XX برآورد شده همراه با مکان چاه‌های انتخابی در محدوده مورد مطالعه ۲۱۰
- شکل ۵-۱۱۶. مکعب کرنش YY برآورد شده همراه با مکان چاه‌های انتخابی در محدوده مورد مطالعه ۲۱۰
- شکل ۵-۱۱۷. مکعب کرنش ZZ برآورد شده همراه با مکان چاه‌های انتخابی در محدوده مورد مطالعه ۲۱۰
- شکل ۵-۱۱۸. مکعب فشارمنفذی برآورد شده حاصل از تنیده یک‌طرفه همراه با مکان چاه‌های انتخابی ... ۲۱۱

فهرست علائم و اختصارات

عنوان	علامت اختصاری
امپدانس	I
امپدانس آکوستیکی	I _p
امپدانس برشی	I _s
انرژی پتانسیل	E _p
انکسار موج برشی	T _s
انکسار موج فشاری	T _p
بازتاب جرم حجمی	R _D
بازتاب زمین در حوزه زمان	R(t)
بازتاب زمین در حوزه فرکانس	R(f)
بازتاب موج برشی	R _s
بازتاب موج فشاری	R _p
بردار خطای بین مشاهدات و مقادیر محاسبه شده	ΔF
بردار گرانش	i _G
پارامتر آزادسازی	$\bar{\beta}$
پارامتر سخت شوندگی	H
پارامتر لامه	λ
پتانسیل ویسکو الاستیک	Q
پرتو گاما	GR
تابع شکل	[N]
تابع محاسبه تنش افقی حداکثری از تنش افقی حداقلی	SHMAX_FROM_SHMIN
تخلخل	φ
تخلخل کریف (برای ضریب بیو)	ALPH_DYN_KRF
تصویر شکست برشی گمانه بیرون ریختگی (بریکاوت) گسترده	BF_SWBO_IMAGE
تصویر شکست برشی گمانه شکست اکلون زاویه زیاد	BF_SHAE_IMAGE
تصویر شکست برشی گمانه شکست اکلون زاویه کم	BF_SLAE_IMAGE
تصویر شکست برشی گمانه شکست ناکاوت باریک	BF_SNBO_IMAGE
تصویر شکست برشی گمانه شکست ناکاوت عمیق (پهن)	BF_SDKO_IMAGE
تصویر شکست برشی گمانه شکست ناکاوت کم عمق	BF_SSKO_IMAGE
تصویر شکست کششی گمانه شکست استوانه ای	BF_TCYL_IMAGE
تصویر شکست کششی گمانه شکست افقی	BF_THOR_IMAGE
تصویر شکست کششی گمانه شکست با زاویه زیاد	BF_THAV_IMAGE
تصویر شکست کششی گمانه شکست با زاویه کم	BF_TLAH_IMAGE
تصویر شکست کششی گمانه شکست عمودی	BF_TVER_IMAGE
تغییرات مدل	ΔM
تنش اصلی حداقلی	σ ₃

σ_1	تنش اصلی حداکثری
σ_2	تنش اصلی میانی
SHMIN_DEP	تنش افقی حداکثری کاهش یافته (فقط در بخش مخزن تغییر کرده است)
SHMAX_DEP	تنش افقی حداکثر کاهش یافته (فقط در بخش مخزن تغییر کرده است)
$\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$	تنش برشی
σ_h	تنش حداکثری افقی
σ_H	تنش حداکثری افقی
σ_{rr}	تنش شعاعی
P_{ov} or σ_v	تنش عمود (روباره)
σ_{zz}	تنش محوری
$\sigma_{\theta\theta}$	تنش مماسی
σ'	تنش مؤثر
$\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{zz}$	تنش‌های نرمال
τ_{oct}	تنش هشت‌وجهی
ρ	جرم حجمی
C	چسبندگی
V_{Shale}	حجم شیل
V_{Clay}	حجم کلی
P_{wfc}	حداکثر فشار بحرانی گل حفاری برای بروز شکست هیدرولیکی
SHMIN_PHS	حداقل تنش افقی پوروالاستیک
SHMIN_Therm	حداقل تنش افقی در محل با اثر حرارتی.
SHMIN_MC_LB	حداقل تنش افقی موهر-کلمب
P_{wbc}	حداقل فشار بحرانی گل حفاری برای بروز بیرون ریختگی
CMW_MIN_MC	حداقل فشار شکست برشی (معادل وزن گل)
SHMAX_PHS	حداکثر تنش افقی پوروالاستیک
SHMAX_Therm	حداکثر تنش افقی در محل با اثر حرارتی.
SHMAX_MC_UB	حداکثر تنش افقی موهر-کلمب
CMW_MAX_MC	حداکثر فشار شکست برشی (معادل وزن گل)
CMW_MAX_MTS	حداکثر فشار شکست کششی (معادل وزن گل)
P_{ref}	حداکثر فشار مؤثر جهت شروع باربرداری
q	دبی
X_{Offset}	دورافت
S(t)	ردلرزه در حوزه زمان
S(f)	ردلرزه در حوزه فرکانس
V_{RMS}	ریشه دوم میانگین سرعت
ψ	زاویه اتساع
ϕ	زاویه اصطکاک داخلی
ψ	زاویه موج برشی برخوردی
θ	زاویه موج فشاری برخوردی

t	زمان
J	ژاکوبین تبدیل
V	سرعت
V_0	سرعت اولیه
V_{int}	سرعت بازه‌ای
V_S	سرعت موج برشی
V_P	سرعت موج فشاری
γ	سیالیت ضربه‌گیر
g	شتاب گرانشی زمین
BRI	شکندگی
β	ضریب اسکمپتون
α	ضریب بیو
v	ضریب پواسون
v_S	ضریب پواسون استاتیکی
v_D	ضریب پواسون دینامیکی
Θ	طیف دامنه
	طیف فاز
η	ظرفیت ذخیره‌سازی
Q_FACTOR	عامل Q که نشان دهنده رژیم تنش است
BHN	عدد سختی برینل
z or d	عمق
CMW_MIN_MTS	فشار استوانه‌ای کششی (معادل وزن گل)
CWP_LOSS	فشار بحرانی چاه برای از دست دادن گل، که برابر با حداقل تنش اصلی درجا است
CWP_MAX_MC	فشار بحرانی چاه برای حالت شکست برشی حداکثر
CWP_MIN_MTS	فشار بحرانی چاه برای حداقل حالت شکست استوانه‌ای کششی
CWP_MIN_MC	فشار بحرانی چاه برای حداقل حالت شکست برشی
CWP_MAX_MTS	فشار بحرانی چاه برای حداکثر حالت شکست کششی
CMW_DAMAGE_10pc	فشار بیرون‌ریختگی (معادل وزن گل) در ناحیه ۱۰ درصد آسیب شعاعی گمانه
CMW_DAMAGE_20pc	فشار بیرون‌ریختگی (معادل وزن گل) در ناحیه ۲۰ درصد آسیب شعاعی گمانه
CMW_DAMAGE_5pc	فشار بیرون‌ریختگی (معادل وزن گل) در ناحیه ۵ درصد آسیب شعاعی گمانه
CWP_KICK	فشار چاه بحرانی برای ضربه
P_0	فشار رفرنس در عمق عمودی واقعی
FPRS_K0	فشار شکست برای روش K ثابت.
FPRS_GM	فشار شکست برای روش ایتون (آب‌های عمیق خلیج مکزیک)
FPRS_DAINES	فشار شکست برای روش ایتون-دینز
FPRS_GC	فشار شکست برای روش ایتون (ساحل خلیج)
FPRS_ZAMORA	فشار شکست برای روش زامورا.
FPRS_EATON	فشار شکست برای روش عمومی ایتون
FPRS_MK	فشار شکست برای روش متیوز و کلی.

CMW_KICK	فشار ضربه (معادل وزن گل)
P_w	فشار گل حفاری داخل چاه
P_p	فشارمنفذی
PPRS_DEP	فشارمنفذی زهکشی شده (فقط در بخش مخزن تغییر کرده است)
P_H	فشارمنفذی هیدرو استاتیک
P_{ef}	فشار مؤثر
PPMW_EATON	فشارمنفذی (معادل وزن گل) روش ایتون
PPMW_BOWERS	فشارمنفذی (معادل وزن گل) روش باورز
PPRS_EATON	فشارمنفذی روش ایتون
PPRS_BOWERS	فشارمنفذی روش باورز
ε	کرنش
ε_P^d	کرنش پلاستیک
ε_v	کرنش حجمی
ε_v	کرنش های حجمی
t_{TWT}	کل زمان سفر با دورافت صفر
DTS	کندی برشی
DTC	کندی فشاری
χ	گرادیان فشار
FPMW_K0	گرادیان فشار شکست (معادل وزن گل) برای روش K ثابت.
FPMW_GM	گرادیان فشار شکست (معادل وزن گل) برای روش ایتون (آبهای عمیق خلیج مکزیک)
FPMW_GC	گرادیان فشار شکست (معادل وزن گل) برای روش ایتون (ساحل خلیج)
FPMW_DAINES	گرادیان فشار شکست (معادل وزن گل) برای روش ایتون-دینز
FPMW_ZAMORA	گرادیان فشار شکست (معادل وزن گل) برای روش زامورا.
FPMW_EATON	گرادیان فشار شکست (معادل وزن گل) برای روش عمومی ایتون
FPMW_MK	گرادیان فشار شکست (معادل وزن گل) برای روش متیوز و کلی.
[D']	ماتریس ساختاری مؤثر
K_e	ماتریس سختی هر المان
[D]	ماتریس معادلات ساختاری
FANG_FromGr	محاسبه زاویه اصطکاک از پرتو گاما
M_0	مدل فرضی اولیه
ALPH_DYN_MEC	مدل مکپیر (برای ضریب بيو)
M	مدل واقعی
$\bar{E}$	مدول بازشدگی شکستگی
μ	مدول برشی
μ_s	مدول برشی استاتیکی
SMG_STA	مدول برشی استاتیکی
UCS_CLA_ABC	مدول برشی بری (رس یا دانه) (برای مقاومت فشاری نامحدود)
UCS_SMG_RPC	مدول برشی پلامب (برای مقاومت فشاری نامحدود)