

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Reservoir Engineering of Fractured Reservoirs

(Fundamental and Practical Aspects)

مهندسی مخازن شکافدار

By:

Ali M. Satoh Ph. D.

مترجمین:

مهندس مداد مقصودی اکبری

مهندس صابر کیماز



سرشناسه	: سعیدی، علی محمد، ۱۳۱۲ - Saidi, Ali M
عنوان و نام پدیدآور	: مهندسی مخازن شکافدار / [علی محمد سعیدی]؛ مترجمین صابر کیماز، میلاد مقصودی اکبری.
مشخصات نشر	: تهران: انتشارات مثبت، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	: ۶۸۴ ص.: مصور (بخشی رنگی)، نمودار. ! ۲۲×۹۲ س.م.
شابک	: 978-600-8108-29-0
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
یادداشت	: عنوان اصلی: Reservoir engineering of fractured reservoirs : fundamental and practical aspects, 1987.
موضوع	: نفت -- مهندسی مخازن زیرزمینی
موضوع	: Oil reservoir engineering
شناسه افزوده	: کیماز، صابر، ۱۳۶۷ - مترجم
شناسه افزوده	: مقصودی اکبری، میلاد، ۱۳۶۷ - مترجم
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۷ ۹م۷۴/۸۷۱ TN
رده بندی دیویی	: ۲۳۸۳۰۰۳۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۵ ۶۴۹۱

عنوان کتاب مهندسی مخازن شکافدار
 تالیف : Ali M. Saidi, Ph.D
 ترجمه از کتاب Reservoir Engineering of Fractured Reservoirs
 مترجمین صابر کیماز - میلاد مقصودی اکبری
 ناشر انتشارات مثبت
 سال نشر ۱۳۹۷
 تیراژ ۱۰۰۰
 نوبت چاپ اول
 قیمت ۱۹۵۰۰۰ ریال
 چاپ آرادین
 شابک 978-600-8108-29-0



انتشارات مثبت

سخن مؤلفین

بیش از صد سال از حفر اولین چاه در ایران می گذرد و صنعت نفت همچنان از مهمترین منابع مالی و رقابتی ایران در صحنه بین المللی به حساب می آید. با توجه به اینکه کشور ما دارای دومین ذخایر بزرگ هیدروکربوری در جهان می باشد که به عنوان چهارمین تولیدکننده نفت دنیا، جایگاه ویژه ای در این صنعت دارد، تولید صیانتی و بهینه از مخازن هیدروکربوری جهت رقابت در بازارهای جهانی، نقش مهندسی مخازن شکافدار را بیش از پیش پررنگ تر نموده است، این امر بدون آگاهی کافی از پیچیدگی های علم مهندسی مخازن ممکن نمی باشد.

با در نظر گرفتن این ویژگی و اهمیت آن در صنعت نفت کشور، آموزش، مطالعه و پژوهش می تواند از عوامل توسعه هرچه بیشتر این صنعت باشد. در این بین آموزش و فراهم آوردن ابزار آموزشی مناسب، اهمیتی صدچندان می یابد که ترجمه ی مراجع علمی معتبر و بزرگ دنیا که یکی از عوامل بسیار مهم در انتقال دانش و فن آوری به متخصصین و دانشجویان عزیز ایرانی می باشد.

کتاب Reservoir Engineering Of Fractured Reservoirs به تالیف Ali M. Saidi, Ph. D یکی از کاربردی ترین کتب مرجع نگاشته شده در جهان است که در حال حاضر به عنوان معتبرترین و تنها مرجع مهندسی مخازن شکافدار در ایران می باشد و توسط متخصصین و اساتید در دانشگاه های ایران تدریس می شود تا دانشجویان بتوانند در پژوهش ها و پروژه های علمی و عملی خود از آن استفاده نمایند. این کتاب - سری - ارزشمندی در زمینه تئوری و در زمینه ی کاربردی علم مهندسی مخازن شکافدار است، مولف این کتاب سعی بر آن داشته است که بنیادی ترین و کامل ترین اطلاعات مربوط به کلیه مطالب و مضامین وابسته به این علم را ارائه دهد.

یکی از مشکلات بزرگ در فضای آموزشی و دانشگاهی کشور، نبود متب معتبر در زمینه ی مهندسی مخازن شکافدار به زبان فارسی می باشد، با درک این کمبود و نبود نسخه فارسی کتابی معتبر به ، ان مرجع اصلی مهندسی مخازن شکافدار، بر آن شدیم تا به ترجمه ی آخرین ویرایش کتاب مهندسی مخازن شکافدار به تالیف - سری - سعیدی بپردازیم. این کتاب از چهار بخش تشکیل شده که دارای سیزده فصل است. کتاب حاضر از حیث مطالعه و تدریس یکی از منابع و دروس اصلی کارشناسی ارشد و دکترا در مهندسی نفت می باشد.

قابل ذکر است بر خود لازم دانستیم که شرایط امانتداری کاملاً رعایت شود و مفاهیم علمی به همان صورتی که مولف مد نظر داشته است را ارائه دهیم و تمام متن به طوری که بار معنایی آن عوض نشود، عیناً ترجمه و تدوین گردد و در آن سعی کردیم از واژه های ساده و روان زبان فارسی استفاده کنیم مگر در مواردی که برای حفظ متن در ترجمه ناگزیر به استفاده از کلمات انگلیسی شدیم، تا معنا و مفهوم به صورت کامل به خواننده انتقال یابد.

امیدواریم با ترجمه ی این کتاب بتوانیم خلاء نبود چنین مرجع گرانبهایی را در ایران پر کنیم و سهم کوچکی در افزایش سطح کیفی ، آموزشی دانشجویان و متخصصان عزیز ایرانی و نیز بومی سازی این علم گرانبها در کشور عزیزمان ایران داشته باشیم. با توجه به اینکه هیچ اثری بدون اشکال و کاستی نیست ، از اساتید و مخاطبان محترم خواهشمندم نظرات و پیشنهادهای خود را از طریق پست الکترونیکی با ما در میان گذارید تا در چاپ های بعدی اصلاح شود.

Petedep.info@gmail.com

در پایان بر خود میدانم تا مراتب تقدیر و تشکر از تمامی کسانی که مرا در این مهم یاری نمودند اعلام نمایم .

بهار ۱۳۹۷

صابر کیماز ، میلاد مقصودی اکبری

www.ketab.ir

فهرست مطالب

۷	فصل اول: زمین‌شناسی سازند شکافدار
۷	۱- مقدمه.....
۸	۲- مکانیزم‌های شکاف خوردگی، جنبه‌های مکانیکی.....
۸	۱-۲ تحلیل تنش.....
۸	۱-۱-۲ تعریف.....
۱۰	۲-۱-۲ تنش ژئواستاتیک.....
۱۰	۳-۱-۲ فشار مغذی.....
۱۰	۴-۱-۲ تنش نکتونیک.....
۱۰	۵-۱-۲ تنش مؤثر.....
۱۱	۲-۲ رابطه‌ای بین: فردیسی و تنش.....
۱۱	۱-۲-۲ مفهوم کردگی.....
۱۳	۲-۲-۲ تغییر شکل الاستیک.....
۱۴	۳-۲-۲ تغییر شکل پلاستیک، ویسکوز.....
۱۴	۳-۲ پدیده شکست مواد.....
۱۴	۱-۳-۲ شکاف خوردگی، شکل‌پذیری و انبار می‌ردکانه (همه جانبه).....
۱۵	۲-۳-۲ نظریه‌های شکست.....
۲۰	۳- روش‌های مطالعه‌ی شکاف.....
۲۰	۱-۳ اصول.....
۲۰	۱-۱-۳ تحلیل کیفی.....
۲۱	۲-۱-۳ تحلیل کمی.....
۲۴	۳-۱-۳ رابطه‌ای بین چینش شکاف و نکتونیک.....
۲۶	۴-۱-۳ روش‌های تحلیل کاربردی (عملی).....
۲۶	۲-۳ توصیف شکاف بر روی مغز.....
۲۶	۱-۲-۳ کلیات.....
۲۶	۲-۲-۳ تکنیک توصیف قابل توصیه.....
۲۷	۳-۲-۳ ویژگی‌های توصیفی.....
۲۷	۴-۲-۳ پارامترهای تحلیل.....
۲۸	۵-۲-۳ جهت شکاف.....

۲۸	۳-۲-۶ شیب شکاف.....
۲۹	۴- شناسایی شکاف با استفاده از نمودارها.....
۲۹	۴-۱ مفهوم شاخص شکاف خوردگی.....
۲۹	۴-۲ پاسخ‌های نمودار گل.....
۲۹	۴-۳ پاسخ‌های نمودار سیمی.....
۳۰	۴-۳-۱ هندسه‌ی حفره‌ی چاه.....
۳۱	۴-۳-۲ هجوم سازندی.....
۳۳	۴-۳-۳ مشخصه‌های صوتی.....
۳۵	۴-۳-۴ سایر پارامترها.....
۳۶	۴-۴ شرایط استفاده از شاخص شکاف خوردگی.....
۳۶	۴-۵ روش‌های پردازش داده‌ی نمودار.....
۳۶	۴-۵-۱ ثبت شیب‌سنج.....
۳۷	۴-۵-۲ پردازش سیگنال‌های صوتی.....
۳۸	۴-۵-۳ DETFRA.....
۳۸	۵- تحلیل نمودار در سازندهای شکافدار.....
۳۹	۵-۱ تخلخل.....
۳۹	۵-۱-۱ اندازه‌گیری تخلخل.....
۴۰	۵-۲ تخمین اشباع آب.....
۴۲	۶- مراجع.....
۴۳	فصل دوم: خواص سنگ و سیالات مخزن.....
۴۳	۱- مقدمه.....
۴۴	۲- طبقه‌بندی مخازن شکافدار.....
۴۴	۳- ویژگی‌های اصلی مخازن شکافدار خوب.....
۴۵	۴- شکاف ها.....
۴۷	۴-۱ چگالی شکاف.....
۵۱	۵- تراوایی.....
۵۳	۵-۱ شواهد حضور لایه سیال جذب شده بر روی دیواره کانال‌ها.....
۵۹	۵-۲ تراوایی گاز.....
۶۳	۵-۳ لغزش.....

۶۳	۴-۵ تعیین تراوایی.....
۶۳	۱-۴-۵ تعیین تراوایی ماتریکس.....
۶۳	۲-۴-۵ تعیین تراوایی شکاف.....
۶۴	۶- تخلخل.....
۶۵	۱-۶ رابطه بین تخلخل شکاف و تراوایی ظاهری آن.....
۶۷	۲-۶ محاسبه تخلخل شکاف با استفاده از تست P.I.....
۷۱	۳-۶ محاسبه تراوایی شکاف به وسیله تست P.I.....
۷۲	۴-۶ تراوایی ظاهری و واقعی.....
۷۳	۵-۶ روابط بین تخلخل، تراوایی و اشباع آب.....
۷۵	۷- تراوایی نسبی.....
۷۶	۱-۷ تراوایی نسبی شکاف.....
۷۶	۲-۷ تراوایی نسبی ماتریکس.....
۷۷	۳-۷ جریان غشایی.....
۸۲	۴-۷ اشباع گاز بحرانی (اشباع بحرانی).....
۸۲	۵-۷ اندازه گیری تراوایی نسبی.....
۸۴	۸- فشار موئینگی.....
۸۷	۱-۸ فشار موئینگی بدون بعد لورنت.....
۸۸	۲-۸ ترشوندگی.....
۹۰	۳-۸ اندازه گیری فشار موئینگی.....
۹۲	۹- ضریب تراکم پذیری.....
۹۳	۱-۹ تراکم پذیری شکاف.....
۹۷	۱۰- انبساط حرارتی (Shrinkage).....
۹۸	۱-۱۰ انبساط حرارتی مایع.....
۹۸	۱۱- کشش بین سطحی.....
۱۰۰	۱-۱۱ اندازه گیری کشش سطحی و بین سطحی.....
۱۰۱	۲-۱۱ روش پاراچور.....
۱۰۳	۱۲- ضریب انتشار.....
۱۰۴	۱-۱۲ پراکندگی.....
۱۰۶	۲-۱۲ انتشار ناشی از گرادیان حرارتی یا فشار.....
۱۰۶	۱۳- انتشار حرارت.....

۱۰۷	۱۴- توصیف دینامیک یک مخزن شکاف‌دار.....
۱۰۷	۱-۱۴- طریقه‌ی زون‌بندی یک مخزن بر اساس توزیع اشباع ماتریکس.....
۱۰۹	۱۵-مراجع.....
۱۱۱	فصل سوم: جریان سیال از طریق کانال.....
۱۱۱	۱- مقدمه.....
۱۱۲	۲- جریان سیال از طریق شکاف‌ها.....
۱۱۲	۱-۲- معادلات ناویر - استوکس.....
۱۱۲	۲-۲- جریان شعاعی همگرا، داخل صفحات موازی.....
۱۱۴	۳-۲- اثر عبارت اینترس.....
۱۱۵	۴-۲- معادله پوازی.....
۱۱۶	۵-۲- جریان شناوری حالت پایا (یا، بعدی).....
۱۱۸	۱-۵-۲- جریان غشاء.....
۱۱۸	۶-۲- جریان شناوری (استفاده از معادلات ناویر - استوکس).....
۱۲۰	۱-۶-۲- سرعت همرفتی ثابت.....
۱۲۱	۲-۶-۲- استفاده از معادله پیوستگی.....
۱۲۲	۳-۶-۲- گرانیروی متغیر.....
۱۲۳	۷-۲- جریان شعاعی با شار ثابت.....
۱۲۴	۸-۲- جریان آرام در دستگاه مختصات دکارتی دو بعدی.....
۱۲۶	۹-۲- جریان شکاف غشاء در برابر جریان شکاف کامل.....
۱۲۶	۳- تراوایی نسبی.....
۱۲۷	۱-۳- جریان غشاء در یک صفحه‌ی عمودی.....
۱۲۸	۱-۱-۳- جریان غشاء در حالت ناپایا در یک سطح عمودی.....
۱۲۹	۲-۳- جریان غشاء در یک لوله مدور.....
۱۳۰	۱-۲-۳- حالت ناپایا در لوله مدور.....
۱۳۱	۳-۳- جریان غشاء در یک حفره کروی.....
۱۳۳	۴-۳- جریان دو فاز در لوله موئین.....
۱۳۵	۵-۳- جریان دو فاز در حفره کروی با دو دهانه مخالف.....
۱۳۹	۴- ضریب اصطکاک.....
۱۳۹	۱-۴- ضریب اصطکاک آرام در کانال‌های مستطیلی.....

۱۴۰	۲-۴ ضریب اصطکاک در منطقه آرام
۱۴۱	۳-۴ شعاع هیدرولیکی کانال ها
۱۴۱	۵- توزیع سرعت جریان آشفته در کانال های هموار
۱۴۲	۱-۵ محاسبه سرعت متوسط از توزیع سرعت
۱۴۳	۲-۵ ضریب اصطکاک جریان آشفته در کانال های هموار
۱۴۴	۳-۵ ضریب اصطکاک جریان آشفته در کانال های با سطوح زیر
۱۴۵	۵-۴ عدد رینولدز بحرانی در جریان همگرایی شعاعی
۱۴۸	۶- اتلاف فشار در جریان آرام
۱۴۸	۶-۱ افت فشار ناشی از اتلاف انرژی جنبشی
۱۴۹	۶-۱-۱ جریان خطی
۱۴۹	۶-۱-۲ همگرایی جریان شعاعی همگرا
۱۴۹	۶-۱-۳ جریان نرو (در جهت θ)
۱۵۰	۷- افت فشار در جریان آشفته
۱۵۰	۷-۱ افت فشار ناشی از آشفتگی
۱۵۰	۷-۱-۱ جریان خطی
۱۵۱	۷-۱-۲ جریان شعاعی همگرا
۱۵۱	۷-۲ افت فشار ناشی از اتلاف انرژی جنبشی
۱۵۱	۷-۲-۱ جریان خطی
۱۵۱	۷-۲-۲ همگرایی جریان شعاعی
۱۵۲	۸- جریان آرام و سپس جریان آشفته
۱۵۳	۸-۱ شعاع ریزش
۱۵۴	۸-۲ شعاع منطقه آشفته I_2
۱۵۵	۸-۳ تأثیر اسید کاری چاه بر دهانه شکاف مخزن
۱۵۵	۸-۳-۱ سیستم خطی
۱۵۶	۸-۳-۲ سیستم شعاعی
۱۵۷	۹- تطبیق منحنی های تولید - افت فشار
۱۵۹	۹-۱ کاربرد در یک چاه حفرة بسته
۱۵۹	۱۰- توزیع فشار اطراف یک چاه
۱۶۰	۱۰-۱ اثر شعاع چاه (r_w)
۱۶۱	۱۱- تخمین تراکم پذیری شکاف

۱۶۱	۱۲- تراوایی ظاهری سازند در برابر تراوایی ذاتی شکاف
۱۶۱	۱۳- جریان دو بعدی
۱۶۲	۱-۱۳ سطح تماس دور از چاه باشد
۱۶۴	۲-۱۳ سطح تماس به چاه نزدیک است
۱۶۴	۳-۱۳ جریان ثقلی
۱۶۷	۴-۱۳ اندازه‌گیری تراوایی میدانی
۱۶۷	۵-۱۳ جریان ثقلی (دو بعدی)
۱۶۹	۶-۱۳ چاه‌های با نفوذ جزئی
۱۷۰	۶-۱۳ فشار ثابت در مرز دایره
۱۷۳	۷-۱۳ جریانی از مرز بیرون وجود ندارد
۱۷۶	۸-۱۳ محیط متخلخل ناهمگن
۱۷۷	۱۴- جریان از میان کانال بسیار تراوا (معادله برینگم)
۱۷۷	۱-۱۴ سطح مقطع دایره‌ای
۱۷۹	۲-۱۴ سطح مقطع مستطیلی
۱۸۲	۳-۱۴ بحث
۱۸۴	۱۵- جریان حالت ناپایا از درون کانال
۱۸۵	۱-۱۵ سطح مقطع مستطیلی
۱۸۶	۲-۱۵ سطح مقطع دایره‌ای
۱۸۷	۱۶- جریان حالت ناپایا با استفاده از معادله برینگمن
۱۸۷	۱-۱۶ سطح مقطع مستطیلی
۱۸۹	۲-۱۶ سطح مقطع دایره‌ای
۱۸۹	۱۷- حالت شبه پایا نسبت به جریان گذرا
۱۹۲	۱۸- جریان لغزشی در یک کانال باریک
۱۹۴	۱۹- مراجع
۱۹۳	فصل چهارم: تحلیل آزمایش ساخت فشار در مخزن شکافدار
۱۹۲	۱- مقدمه
۱۹۵	۲- روش پولارد
۱۹۶	۱-۲ محاسبه ضخامت شکاف با روش پولارد
۱۹۷	۲-۲ تحلیل ساخت فشار در یک چاه مخزن شکافدار در ایران

۱۹۸	۳- مدل‌های اصلی مخزن.....
۲۰۱	۴- روش وارن و روت.....
۲۰۲	۵- ساخت فشار.....
۲۰۳	۵-۱ فشار ثابت.....
۲۰۴	۵-۲ ساخت فشار (مخزن محدود).....
۲۰۵	۵-۲-۱ روش توسعه یافته محاسبه ω و λ (شعاع بی‌نهایت).....
۲۰۷	۶- بحث.....
۲۰۸	۷- مدل گذرا.....
۲۰۸	۷-۱ روش دوتساو.....
۲۱۲	۷-۲ روش سرا و همکاران.....
۲۱۵	۷-۳ رفتار افزایش فشار (ساخت فشار).....
۲۱۷	۷-۴ مخازن محد تحت شرایط گذرا.....
۲۱۸	۷-۵ راه‌حل ساخت.....
۲۱۹	۷-۶ یکنواختی توزیع بلوکهای ماتریکس.....
۲۱۹	۸- مباحث.....
۲۱۹	۸-۱ حل گذرا در برابر شرایط شبه پایدار.....
۲۲۰	۸-۲ توزیع یکنواخت ماتریکس نسبت به مدل اتریکی لایه.....
۲۲۱	۸-۳ تأثیر مرز فشار یا شعاع ریزش.....
۲۲۳	۹- تخمین خصوصیات ماتریکس و شکاف.....
۲۲۳	۹-۱ جواب‌های افت فشار (مدل لایه‌ای).....
۲۲۴	۹-۱-۱ تخمین ω
۲۲۴	۹-۱-۲ $(Kh)_f$
۲۲۴	۹-۱-۳ تخمین λ و ω (بر اساس زمان میانی و پایانی).....
۲۲۵	۹-۱-۴ تخمین λ و ω (بر اساس زمان اولیه و میانی).....
۲۲۵	۹-۱-۵ ضریب پوسته.....
۲۲۶	۹-۱-۶ تخمین اندازه بلوک.....
۲۲۷	۹-۱-۷ تخمین ضخامت شکاف.....
۲۲۷	۹-۱-۸ تخمین ضریب β
۲۲۷	۹-۱-۹ نکات کلی.....
۲۳۰	۹-۲ تخمین خواص ماتریکس و شکاف از روی ساخت فشار.....

۲۳۱	۳-۹ توزیع یکنواخت بلوک‌ها.
۲۳۱	۴-۹ مخازن متناهی (محدود).
۲۳۱	۱-۴-۹ مدل لایه‌ای.
۲۳۲	۲-۴-۹ توزیع یکنواخت بلوک‌ها.
۲۳۳	۱۰- تحلیل ساخت فشار یکی از چاه‌های مخزن ایران.
۲۳۳	۱-۱۰ تخمین h_{Pi} و k_{Pi} و λ و ω .
۲۳۵	۲-۱۰ تخمین اندازه بلوک.
۲۳۵	۳-۱۰ ضریب β .
۲۳۶	۴-۱۰ تخمین ضریب تراک بیری .کاف.
۲۳۶	۵-۱۰ تحلیل بعضی از ساخت فشارهای ذکر شده.
۲۳۸	۱۱- نتایج.
۲۴۱	۱۲- مراجع.
۲۴۳	فصل پنجم: همرفت
۲۴۳	۱- مقدمه.
۲۴۵	۲- قسمت اول : همرفت - انتشار همراه مرز دایره‌ای.
۲۴۵	۱- محیط متخلخل.
۲۴۸	۲- شرایط مرزی.
۲۴۸	۱-۲ مجزا کردن مرز عمودی.
۲۵۱	۳- روش ساده شده (جریان لغزشی).
۲۵۲	۱-۳ مجزا کردن مرز عمودی.
۲۵۲	۲-۳ هدایت مرز عمودی.
۲۵۳	۴- همرفت در یک محیط باز.
۲۵۴	۵- بحث.
۲۵۴	۶- پایداری سیال در یک لوله باریک.
۲۵۶	۱-۶ مرز عمودی عایق.
۲۵۷	۲-۶ مرز عمودی هادی.
۲۵۸	۷- تفسیر نتایج کارهای آزمایشگاهی.
۲۵۸	۱-۷ کار آزمایشگاهی IFP.
۲۶۱	۲-۷ کارهای آزمایشی وودینگ.

۲۶۴	۳- قسمت دوم: سطح مقطع مستطیلی.....
۲۶۴	۱- محیط متخلخل.....
۲۶۶	۱-۱ بحث.....
۲۶۷	۲- حل کامل معادله (۱).....
۲۶۸	۳- راه حل جایگزین.....
۲۶۸	۴- متوازی السطوح مستطیلی.....
۲۷۱	۵- متوازی السطوح مستطیلی با محیط متخلخل.....
۲۷۴	۶- مرزهای عمودی عایق.....
۲۷۵	۷- صفحه مستطیلی با چهار لبه بسته.....
۲۷۶	۱-۷ روش تیلور برای حل مرزهای عمودی عایق.....
۲۷۹	۸- بحث.....
۲۸۰	۹- جریان لغزشی در امتداد دو مرز عمودی اصلی.....
۲۸۱	۱۰- بحث و مثال‌های عددی.....
۲۸۳	۱-۱۰ عرض (پهنای) سلول‌ها هم‌افزایی (ولها).....
۲۸۶	۴- قسمت سوم: روش مستقیم.....
۲۸۶	۱- توزیع دما و فشار در سلول همرفتی.....
۲۹۱	۲- توزیع سرعت دوبعدی.....
۲۹۲	۱-۲ $\frac{\partial \theta}{\partial Y}$ و $\frac{\partial P}{\partial Y}$ ثابت هستند.....
۲۹۵	۱-۱-۲ $\frac{\partial \theta}{\partial Y} = \frac{\partial P}{\partial Y} = (1 - Z/\sigma)$
۲۹۸	۳-۲ توزیع دما (فشار) بدست آمده از معادله (۴) یا (۷) قسمت ۱ (قسمت سوم).....
۲۹۹	۴-۲ توزیع دما (فشار) بدست آمده از معادله (۹a) قسمت ۱ (بخش سوم).....
۳۰۱	۵-۲ توزیع دمای بدست آمده از معادله (۲۰) قسمت ۱ (بخش سوم).....
۳۰۲	۳- جریان دوبعدی با استفاده از معادله برینکمن.....
۳۰۳	۱-۳ $\frac{\partial \theta}{\partial Y}$ و $\frac{\partial P}{\partial Y}$ ثابت هستند.....
۳۰۶	۲-۳ توزیع دمای بدست آمده از $\frac{\partial \theta}{\partial Y} = J \cdot \frac{\partial P}{\partial Y} = (1 - Z/\sigma)$
۳۰۸	۳-۳ توزیع دمایی یا فشاری بدست آمده از معادله (۴) یا (۷) قسمت ۱ (بخش سوم).....
۳۰۹	۴-۳ توزیع دمایی بدست آمده از معادله (۹) قسمت (۱) (بخش سوم).....
۳۰۹	۵-۳ توزیع دما یا فشار بدست آمده از معادله (۱۰a) قسمت ۱ (قسمت سوم).....
۳۱۰	۶-۳ توزیع دمای بدست آمده از معادله (۲۰) قسمت (۱) (بخش سوم).....

۳۱۱	۴- بررسی نتایج.....
۳۱۴	۵- تاثیر تغییر گرانروی در سطح تماس نفت و گاز (GOC).....
۳۱۵	۶- اثر سرعت جانی تحمیل شده بر روی سلول همرفت.....
۳۱۷	۷- نظرات در مورد کار قبلی.....
۳۲۱	۵- مراجع.....
۳۲۲	فصل ششم: انتشار و افت (یا افزایش) فشار نقطه حباب.....
۳۲۲	۱- مقدمه.....
۳۲۴	۲- قانون اول فیک برای انتشار.....
۳۲۴	۳- قانون دوم فیک (معادله پیو-جی).....
۳۲۶	۱-۳ ضریب انتشار.....
۳۳۰	۲-۳ ضریب انتشار در محیط متخلخل.....
۳۳۱	۳-۳ اندازه‌گیری ضریب انتشار مؤثر.....
۳۳۲	۴- انتشار گاز محلول بین شکاف‌ها و بلوک‌های ماتریکس.....
۳۳۳	۱-۴ انتشار در یک کره.....
۳۳۷	۱-۱-۴ انتشار در کره‌ی نهی.....
۳۳۷	۲-۴ انتشار در یک متوازی‌السطوح مستطیلی.....
۳۳۸	۳-۴ نزول فشار اشباع در یک مستطیل.....
۳۴۰	۴-۴ نزول فشار اشباع در یک استوانه.....
۳۴۲	۵-۴ انتشار گاز محلول در ورقه.....
۳۴۴	۶-۴ انتشار گاز محلول با افت فشار مخزن.....
۳۴۵	۵- محاسبه زمان تأخیر برای رانش گاز محلول در مخازن شکاف‌دار.....
۳۴۹	۶- انتقال گاز ناشی از نزول فشار نقطه حباب.....
۳۵۰	۱-۶ حجم گاز در بلوک‌های ماتریکس (بدون انتشار).....
۳۵۱	۲-۶ حجم گاز در شکاف‌ها (بدون انتشار).....
۳۵۲	۳-۶ حجم گاز در شکاف‌ها (با انتشار).....
۳۵۲	۴-۶ حجم گاز در بلوک‌های ماتریکس (با انتشار).....
۳۵۳	۷- مثال میدانی.....
۳۵۸	۸- مراجع.....
۳۵۹	فصل هفتم: مکانیسم رانش گاز محلول.....

۳۵۹	۱- مقدمه.....
۳۶۳	۲- قاعده‌ی اصلی:.....
۳۶۶	۳- توسعه حباب گاز در شکل کروی خود.....
۳۶۹	۳-۱ تخمین فشار فوق اشباع از داده‌های آزمایشگاهی.....
۳۷۲	۳-۱-۱ بررسی فشار فوق اشباع و مقادیر متوسط اندازه‌گیری شده آن‌ها.....
۳۷۳	۳-۱-۲ فشار فوق اشباع و توزیع شار در جریان کروی.....
۳۷۳	۳-۱-۳ تخمین فشار فوق اشباع بحرانی در محیط متخلخل.....
۳۷۵	۳-۲ تخمین شعاع ریزش بحرانی یک حباب گاز.....
۳۷۶	۳-۳ انبساط حباب گاز در طول تغییر شکل کروی.....
۳۷۹	۴- پراکندگی.....
۳۸۰	۵- ضریب ناهمگنی.....
۳۸۱	۶- تخمین اشباع گاز آزاد در طول تغییر شکل کروی گاز.....
۳۸۳	۶-۱ مباحث اشباع گاز آزاد در پایان دوره کروی.....
۳۸۳	۷- تخمین اشباع گاز تعادلی.....
۳۸۴	۸- توسعه انگشتی گاز با مرزهای استوانه‌ای.....
۳۸۴	۸-۱ جریان گاز محلول به سمت انگشتی داخل ساز.....
۳۸۷	۸-۲ تخمین فشار فوق اشباع از روی داده‌های آزمایشگاهی.....
۳۸۷	۸-۲-۱ فوق اشباع و توزیع شار در جریان شعاعی.....
۳۸۸	۸-۳ تخمین شعاع بحرانی ریزش در جریان شعاعی.....
۳۸۸	۸-۴ تخمین اشباع گاز آزاد تحت شرایط استوانه‌ای.....
۳۹۰	۸-۵ بحث.....
۳۹۱	۹- مقایسه جریان استوانه‌ای و کروی.....
۳۹۲	۱۰- پیش‌بینی اشباع گاز در مکانیسم رانش گاز محلول.....
۳۹۵	۱۰-۱ تخمین شعاع انگشتی گاز یا کانال گازی.....
۳۹۷	۱۰-۲ مثال‌هایی برای محاسبه قطر انگشتی گاز.....
۳۹۸	۱۰-۳ تخمین R_g در سراسر توسعه انگشتی گاز.....
۴۰۰	۱۱- اثر پارامترهای مختلف روی اشباع گاز.....
۴۰۰	۱۱-۱ اثر فشار بر روی توسعه حباب گاز.....
۴۰۱	۱۱-۳ اثر اشباع آب همزاد بر روی فرآیندهای بالا.....
۴۰۱	۱۱-۴ اثر انقباض نفت بر روی شعاع حباب گاز.....

۴۰۲	۱۱-۵ اثر گرانش روی نفت روی فرآیند رانش گاز محلول
۴۰۲	۱۲- تحلیل ابعادی
۴۰۴	۱۳- ملاحظات
۴۰۵	۱۴- مراجع
۴۰۶	فصل هشتم: ریزش ثقلی و آشام
۴۰۶	۱- مقدمه
۴۰۸	۲- روش های محاسبه
۴۰۹	۳- محاسبه ی باز یافت نهایی به وسیله روش های گرافیکی
۴۰۹	۳-۱ روش کار
۴۱۳	۴- روش نظری (تئوری)
۴۱۴	۴-۱ محاسبه معادله لورت
۴۱۷	۴-۲ راه حل ایستایی
۴۱۹	۴-۳ معادلات جریان در ریزش ثقلی تحمیلی
۴۲۲	۴-۴ جابجایی تحت شرایط پایدار
۴۲۳	۴-۵ راه حل حالات خاص
۴۲۳	۴-۵-۱ حل معادله زمانی که $M=1$ می باشد
۴۲۵	۴-۵-۲ حل معادله زمانی که $AT>1$
۴۲۵	۴-۵-۳ گاز به عنوان سیال جابجاکننده
۴۲۶	۴-۵-۴ حل معادله زمانی که $T \leq 1$ (حالت کلی)
۴۲۸	۵- ریزش ثقلی تحمیلی تحت شرایط حالت ناپذیر
۴۳۵	۵-۱ کاربرد مشاهدات آزمایشگاهی
۴۴۶	۵-۲ بحث
۴۴۷	۵-۳ ریزش ثقلی تحمیلی با ناحیه ی گذرا (P_c)
۴۴۸	۵-۴ اثر حضور اشباع گاز آزاد در یک بلوک قبل از ریزش ثقلی
۴۴۹	۵-۵ تأثیر گرادیان فشار بر یک بلوک در حال ریزش
۴۵۰	۶- آشام
۴۵۲	۶-۱ متغیر P_c
۴۵۳	۷- ریزش ثقلی سقوط آزاد
۴۵۸	۷-۱ بحث

۴۶۰	۷-۲ راه حل های عددی.....
۴۶۱	۸- مدول ریزش.....
۴۶۳	۹- ضریب انقباض.....
۴۶۵	۱۰- ساده سازی عملکرد ریزش ثقلی برای نفت-گاز در یک بلوک.....
۴۶۹	۱۱- شبیه سازی ریزش ثقلی از یک بلوک با استفاده از روش باکلی لورت.....
۴۷۰	۱۱-۱ راه حل تقریبی ریزش ثقلی با P_c
۴۷۲	۱۲- تأثیر کاهش ناگهانی کشش سطحی بر ریزش ثقلی در یک بلوک.....
۴۷۴	۱۳- تأثیر فشار روی بازیافت نفت در یک مجموعه از بلوک.....
۴۷۵	۱۴- تصدیق آزمایشگاهی فرآیند بالا.....
۴۷۶	۱۵- ریزش ثقلی در یک مجموعه از بلوک ها (سیستم آب- نفت).....
۴۸۰	۱۶- تحلیل ابعادی.....
۴۸۱	۱۷- شبیه سازی عددی.....
۴۸۶	۱۸- تحلیل پایداری در ریزش ثقلی.....
۴۸۹	۱۹- مراجع.....
۴۹۰	فصل نهم: فرآیند بلوک به بلوک.....
۴۹۰	۱- مقدمه.....
۴۹۲	۲- آزمایشاتی بر اثر متقابل بلوک به بلوک.....
۴۹۳	۳- ریزش نفت از یک بلوک در طول تأمین پیوسته ی نفت از بالا- بلوک.....
۴۹۵	۴- ریزش بلوک در طول تأمین موقتی نفت.....
۴۹۶	۵- بحث.....
۴۹۷	۶- روش حالت نیمه پایدار برای مجموعه ای از بلوک ها با اثر متقابل برابر.....
۴۹۸	۶-۱ روش باکلی- لورت.....
۵۰۰	۶-۲ روش تقریبی محاسبه ریزش ثقلی گاز-نفت در یک مجموعه از بلوک ها.....
۵۰۱	۷- تأثیر کاهش ناگهانی کشش سطحی بر مجموعه بلوک های در حال ریزش.....
۵۰۴	۷-۱ اثر تنظیم زمان کاهش ناگهانی P_c بر نرخ بازیافت نفت در مجموعه بلوک ها.....
۵۰۶	۸- عملکرد ریزش یک مجموعه ناهمگن از بلوک ها در حال تعامل.....
۵۰۶	۹- شبیه سازی ریزش نفت از مجموعه ای ناهمگن از بلوک های (نسبتاً) در تعامل.....
۵۰۹	۱۰- محاسبه ی نرخ تولیدی از یک مجموعه بلوک ناهمگن با اثر متقابل.....
۵۱۲	۱۱- تأثیر ابعاد بلوک، موانع و همسانی شکاف ها روی بازیافت در مجموعه ای از بلوک های در حال تعامل.....

۵۱۳	۱۲- رفتار مجموعه‌ای از بلوک در مخازن حقیقی با اثر متقابل بلوکی جزئی
۵۱۴	۱۲-۱ محاسبه‌ی درجه‌ی اثر متقابل بلوک‌ها در مخازن طبیعی
۵۱۵	۱۳- مشاهده برخی از شیوه‌های واقعی در تولید از مخازن شکافدار
۵۱۶	۱۴- تخمین آشام مجدد نفت از طرف عمودی یک بلوک ماتریکس
۵۱۸	۱۵- رفتار دو بلوک عمودی در هنگام ریزش ثقلی
۵۲۰	۱۵-۱ ضریب محدود شدگی (انقباض) برای ناحیه‌های تماس کوچک
۵۲۱	۱۵-۲ روش تقریبی
۵۲۲	۱۵-۳ شیبه‌سازی
۵۲۳	۱۵-۴ پیوستگی موئینگی
۵۲۳	۱۵-۴-۱ شکاف بین باک به هم چسبیده
۵۲۴	۱۵-۴-۲ دو بلوک که باک شکست بر از هم جدا شده‌اند
۵۲۵	۱۶- تست آزمایشگاهی
۵۲۵	۱۶-۱ آزمایش‌های TOTAL CFP
۵۲۵	۱۶-۲ آزمایشات ELF
۵۲۷	۱۷- مراجع
۵۲۸	فصل دهم: ریزش ثقلی گاز - نفت غیر تعادلی
۵۲۸	۱- مقدمه
۵۲۹	۲- نمودار فازی سه‌مبنایی
۵۳۳	۳- اثر فشار یا دما بر نمودار سه‌مبنایی
۵۳۴	۴- ریزش ثقلی با گاز غیر تعادلی
۵۳۵	۴-۱ شرایط غیرامتزاجی (فشار ثابت)
۵۳۷	۴-۲ افزایش دوباره فشار توسط گاز (امتزاج‌ناپذیر)
۵۳۸	۴-۳ ریزش ثقلی تحت شرایط پس امتزاجی
۵۳۹	۴-۴ ریزش ثقلی تحت شرایط پیش امتزاجی
۵۳۹	۴-۵ ریزش ثقلی تحت شرایط امتزاج‌پذیری کل
۵۴۰	۵- انتشار (پراکندگی) در بلوک‌های ماتریکس
۵۴۱	۶- تبادل جزء در شکاف
۵۴۲	۷- پایداری در جابجایی گرانشی امتزاجی
۵۴۵	۸- نرخ ریزش ثقلی

۵۴۶	۹- تزریق گاز امتزاجی در مقابل غیر امتزاجی
۵۴۸	۱۰- شمار امتزاج پذیری
۵۵۳	۱۱- رسوب آسفالتین
۵۵۴	۱۲- شبیه سازی
۵۵۵	۱۳- مراجع
۵۵۷	فصل یازدهم: شبیه سازی مخازن شکافدار
۵۵۷	۱- مقدمه
۵۵۸	۲- تاریخچه
۵۶۱	۳- طبقه بندی شبیه سازهای مختلف
۵۶۲	۴- توضیحاتی درباره ی بخشی از مدل های بالا
۵۶۳	۴-۱ شکاف گیربندی شده و بلوک های ماتریکس گیربندی شده
۵۶۳	۴-۲ رفتار شکاف و ماتریکس گیربندی شده که به وسیله توابع انتقال شرح داده می شود
۵۶۵	۴-۳ شکاف گیربندی شده و یک گروه از بلوک های ماتریکس به عنوان یک گیرد در نظر گرفته شده است
۵۶۶	۴-۴ همانند بخش ۳-۴ در بالا، اما داده های فوری به جای معادله انتشار مورد استفاده قرار گرفته است
۵۶۶	۴-۵ شبیه سازی که در آن شکاف و بلوک های ماتریکس گیربندی شده اند
۵۶۶	۵- انعطاف پذیری تطابق تاریخچه
۵۶۷	۶- اظهار نظرات بر روی بعضی از مقالات چاپ شده
۵۶۹	۷- انتخاب مدل
۵۷۰	۸- مفهومی برای شبیه سازی مخازن شکافدار
۵۷۰	۸-۱ توضیحات عمومی
۵۷۲	۸-۲ فرضیات
۵۷۳	۸-۳ شرایط مرزی فشار
۵۷۷	۸-۴ محاسبات انتقال پذیری در طول مرز
۵۷۸	الف: تراوایی نسبی گاز در مرز
۵۷۹	ب: تراوایی نسبی آب در مرز
۵۷۹	ب: تراوایی نسبی نفت در مرز
۵۷۹	۸-۵ تراوایی نسبی ضمنی
۵۸۳	۸-۵-۱ مشکلات انتقال پذیری ضمنی
۵۸۷	۸-۶-۱ اختلاف فشار فاز نفت

۵۸۹	۸-۶-۲ اختلاف فشار فاز آب.....
۵۹۱	۸-۶-۳ اختلاف فشار فاز گازی.....
۵۹۳	۷-۸ معادلات جریان تبدیلی.....
۵۹۳	۹- توصیف ریاضی شبیه‌ساز.....
۵۹۷	۹-۱ نرخ جریان تبدیلی.....
۵۹۹	۹-۲ معادلات جریان تبدیلی.....
۵۹۹	۱-۲-۹ عبارات معادله‌ی آب.....
۶۰۱	۹-۲-۲ عبارات معادله‌ی نفت.....
۶۰۲	۹-۲-۳ عبارات معادله‌ی گاز.....
۶۰۴	۱۰- شبیه‌سازی میدان هفتگل.....
۶۰۷	فصل دوازدهم: مطالعه موردی تاریخچه میدان.....
۶۰۷	بخش ۱: میدان هفتگل (ایران).....
۶۰۷	۱- مقدمه.....
۶۰۸	۲- تاریخچه چینه‌شناسی و زمین‌شناسی.....
۶۰۹	۲-۱ بازبینی چینه‌شناسی.....
۶۰۹	۲-۲ ردیف چینه‌شناسی.....
۶۰۹	۲-۲-۱ پرکامبرین.....
۶۰۹	۲-۲-۲ اینفراکامبرین.....
۶۰۹	۲-۲-۳ کامبرین.....
۶۱۰	۲-۲-۴ اوردوویسین - سیلورین.....
۶۱۰	۲-۲-۵ دوونین.....
۶۱۱	۲-۲-۶ کربونیفروس.....
۶۱۱	۲-۲-۷ پرمیان.....
۶۱۱	۲-۲-۸ تریاسه.....
۶۱۱	۲-۲-۹ ژوراسیک.....
۶۱۲	۲-۲-۱۰ کرتاسه.....
۶۱۲	۲-۲-۱۱ ترشیاری.....
۶۱۳	۲-۲-۱۲ کواترنری.....
۶۱۳	۲-۳ تاریخچه زمین‌شناسی.....

۶۱۳	۱-۳-۲ پالئوزونیک
۶۱۴	۲-۳-۲ مروزونیک
۶۱۵	۴-۳-۲ کواترنری
۶۱۵	۳- مشخصات مخزنی
۶۱۶	۱-۳ سنگ آهک آسماری
۶۱۶	۲-۳ شکاف و درزها
۶۱۶	۳-۳ اندازه بلوک
۶۱۷	۴- داده‌های پتروفیزیکی
۶۱۷	۱-۴ خصوصیات سنگ مخزن
۶۱۷	۲-۴ تراوایی
۶۱۸	۳-۴ فشار موئینگی آب و آب
۶۱۸	۴-۴ فشار موئینگی گاز و نفت
۶۱۹	۵-۴ تراوایی نسبی آب و نفت
۶۱۹	۶-۴ تراوایی نسبی گاز و نفت
۶۱۹	۷-۴ نفت درجا
۶۱۹	۵- خواص میال مخزن
۶۱۹	۱-۵ دمای مخزن
۶۱۹	۲-۵ خواص PVT هیدروکربن‌ها
۶۲۰	۱-۲-۵ گاز
۶۲۱	۲-۲-۵ آب
۶۲۱	۳-۵ کشش سطحی
۶۲۱	۶- داده‌های مخزن
۶۲۲	۱-۶ فشار نفت
۶۲۳	۲-۶ فشار کلاهیگ گازی
۶۲۳	۳-۶ سطوح تماس گاز و نفت
۶۲۳	۴-۶ سطح تماس آب و نفت
۶۲۳	۵-۶ نسبت گاز به نفت تولیدی
۶۲۴	۶-۶ ضریب انتشار
۶۲۴	۷- مطالعات مدل مخزن
۶۲۵	۸- بازیافت ثانویه

۶۲۶	بخش ۲: تاریخچه‌ی میدان کرکوک (عراق).....
۶۲۶	۱- تاریخچه.....
۶۲۷	۲- زمین‌شناسی.....
۶۲۹	۳- خصوصیات مخزن.....
۶۲۹	۳-۱ سنگ آهک ابوسن / الیگوسن.....
۶۲۹	۳-۲ درزه‌ها.....
۶۳۰	۳-۳ اندازه بلوک.....
۶۳۰	۳-۴ دمای مخزن.....
۶۳۱	۴- داده‌های فیزیکی.....
۶۳۱	۴-۱ تراوایی.....
۶۳۱	۴-۲ تخلخل.....
۶۳۱	۴-۳ داده‌های دیگر.....
۶۳۲	۴-۴ نفت در جا.....
۶۳۲	۵- خصوصیات سیال مخزن.....
۶۳۲	۵-۱ گاز و نفت.....
۶۳۲	۵-۲ آب.....
۶۳۳	۵-۳ کشش بین سطحی.....
۶۳۳	۶- داده‌های مربوط به مخزن.....
۶۳۳	۶-۱ فشار نفت.....
۶۳۴	۶-۲ تماس نفت - گاز.....
۶۳۴	۶-۳ تماس نفت - آب.....
۶۳۴	۶-۴ نسبت گاز - نفت.....
۶۳۴	۶-۵ تاریخچه تولید و تزریق.....
۶۳۴	۷- تحلیل رفتار مخزن.....
۶۳۵	۷-۱ همرفت.....
۶۳۵	۷-۲ دوره تخلیه طبیعی.....
۶۳۶	۷-۳ دوره تزریق گاز (۱۹۵۷-۱۹۶۱).....
۶۳۷	۷-۳ تزریق آب (۱۹۶۱ تا حال).....
۶۳۷	۸- بحث.....
۶۳۹	۹- تأسیسات تزریق آب.....

فصل سیزدهم: راه‌های توسعه میدان ۶۴۱

۱- مقدمه ۶۴۱

۲- تشریح مخازن ایران ۶۴۲

۱-۲ ویژگی های مخزن ۶۴۲

۲-۲ ویژگی های سنگ ۶۴۳

۱-۲-۲ ماتریکس سنگ ۶۴۴

۳-۲ سیستم شکاف ۶۴۵

۴-۲ ویژگی های سیال ۶۴۵

۳- مهندسی مخزن در مرحله اکتشاف (توصیفی) ۶۴۶

۱-۳ مطالعات مربوط به سفره آب زیرزمینی ۶۴۶

۲-۳ تخمین وزن حمل مورد نیاز ۶۴۷

۳-۳ شرح عملیات حفاری و تخمین سیال رابط ۶۴۷

۴- ارزیابی اولیه مخزن ۶۴۹

۱-۴ تخمین حدود عمودی مخزن ۶۴۹

۲-۴ مطالعات نفت در جا ۶۵۰

۳-۴ تفسیر نمودار ۶۵۰

۱-۳-۴ اصلاح رس ۶۵۱

۲-۳-۴ ارزیابی تخلخل ۶۵۱

۳-۳-۴ ارزیابی اشباع آب ۶۵۲

۴-۳-۴ محاسبه چگالی هیدروکربن ۶۵۲

۴-۴ تخمین سرعت مجاز میدان به منظور برنامه ریزی ۶۵۳

۵-۴ مطالعات آزمایشگاهی ۶۵۳

۵- پیش‌بینی های اولیه از عملکرد مخزن ۶۵۴

۱-۵ حفاری کانتور و عمق بهینه تکمیل چاه ۶۵۴

۲-۵ مطالعات مخروطی شدن و چاه مجاز ۶۵۵

۳-۵ اسید زنی ۶۵۷

۶- توسعه ای منطقه ای ۶۵۷

۱-۶ مطالعات شکاف ۶۵۷