



شرکت ملی نفت ایران
مدیریت توسعه منابع انسانی

شبیه‌سازی مخزن

با استفاده از نرم‌افزار Eclipse

مؤلفان:

کریم‌الله اقدم

بابک مرادی



انتشارات ستایش

سرشناسه	: اکبری اقدم، کریم، ۱۳۶۳ -
عنوان و نام پدیدآور	: شبیه‌سازی مخزن با استفاده از نرم‌افزار Eclipse
مشخصات نشر	: تهران: ستایش، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	: ۲۳۰ ص.: مصور، جدول
شابک	: 978-600-7445-28-0
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپای مختصر
یادداشت	: فهرست‌نویسی کامل این اثر در نشانی: http://opac.nlai.ir قابل دسترسی است
یادداشت	: کتابنامه
شناسه افزوده	: مرادی، بابک، ۱۳۶۰ -
شماره کتاب‌شناسی ملی	: ۳۸۷۴۰۰۱

Setayesh
Publication
Institute



موسسه انتشارات ستایش

تهران - صندوق پستی: ۹۹۵-۱۳۱۴۵ تلفن: ۰۲۱-۶۶۹۴۸۹۹۵ - ۰۹۱۲-۱۴۸۹۹۰

شبیه‌سازی مخزن با استفاده از نرم‌افزار Eclipse

مولفان: کریم اکبری اقدم، بابک مرادی

ناشر: انتشارات ستایش

نوبت چاپ: اول/ ۱۳۹۴

شمارگان: ۲۰۰۰ جلد

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۴۴۵-۲۸-۰

قیمت (با DVD): ۱۸۵ ۰۰۰ ریال

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

سخن ناشر

ستایش خداوند جان و جهان که بخشید لطف و کرم بی کران
به حوصله و قوه‌ی الهی انتشارات ستایش با اهداف علمی- فرهنگی و انگیزه‌ی
ارائه‌ی خدمات، جهت ارتقاء آگاهی، سطح معلومات، دانش عموم، به‌ویژه ترویج
کتاب و کتابخانه‌ای اقدام به چاپ و انتشار کتاب‌های گوناگون نموده؛ امید است
بتوانیم رطبی مثر بین پدیدآورندگان و مخاطبان باشیم... انشاءالله.

لذا از خوانندگان محترم، اندیشمندان و صاحب‌نظران در زمینه‌های گوناگون
علمی، کامپیوتری، فنی و مهندسی به‌ویژه مهندسی نفت دعوت می‌نماییم تا ما
را در ارائه و گسترش اهداف، مورد نظر یاری نمایند.

شایان ذکر است جهت آسانی و خرید آسان این انتشارات می‌توانید به سایت
www.setayeshpress.com مراجعه نموده و در صورت تمایل به همکاری یا هر
نوع انتقاد و پیشنهادی به نشانی پست‌الکترونیکی setayeshpress@yahoo.com
یا تهران صندوق پستی ۹۹۵-۱۳۱۴۵ مکاتبه نمایید.

لطف شما مایه‌ی افتخار ماست.

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	۱۳
کتاب فصل اول: مقدمه‌ای بر شبیه‌سازی.....	۱۵
۱- مقدمه.....	۱۵
۱-۱ اطلاعات لازم جهت ساخت مدل مخزن.....	۱۷
۱-۲-۱ اطلاعات فیزیکی.....	۱۸
۲-۲-۱ اطلاعات پت فیزیکی.....	۱۸
۳-۲-۱ اطلاعات مغزه.....	۱۸
۴-۲-۱ اطلاعات سین.....	۱۹
۵-۲-۱ اطلاعات فشار مخزن.....	۱۹
کتاب فصل دوم: نرم‌افزار جنو کوئست (GeoQuest).....	۲۱
۱-۲ مقدمه.....	۲۱
۲-۲ نرم‌افزارهای پیش‌پردازنده.....	۲۲
۱-۲-۲ فلوگرید (Flogrid).....	۲۲
۲-۲-۲ PVTi.....	۲۴
۳-۲-۲ VFPI.....	۲۵
۴-۲-۲ SCAL.....	۲۶
۳-۲ نرم‌افزارهای پردازنده.....	۲۶
۱-۳-۲ شبیه‌سازی نفت سیاه و شبیه‌سازی ترکیبی.....	۲۶
۲-۳-۲ فرانت‌سیم.....	۳۰
۴-۲ نرم‌افزارهای پس‌پردازنده.....	۳۱
۱-۴-۲ آفیس.....	۳۱
۲-۴-۲ فلویر.....	۳۲
کتاب فصل سوم: محتویات فایل داده اکلیپس.....	۳۳
۱-۳ مقدمه.....	۳۳
۲-۳ محتویات کلی فایل داده.....	۳۳
۳-۳ ساختار داده‌های اکلیپس، مقادیر پیش‌فرض و تکرار داده‌ها.....	۳۵
۴-۳ عبارت INCLUDE.....	۳۶

۴۳	فصل چهارم: قسمت RUNSPEC
۴۳	۱-۴ مقدمه
۴۳	۲-۴ ابعاد شبکه - کلیدواژه DIMENS
۴۴	۳-۴ فازها
۴۴	۴-۴ سیستم واحدها
۴۵	۵-۴ تاریخ آغاز
۴۵	۶-۴ فایل های یکپارچه / غیریکپارچه
۴۵	۷-۴ بررسی فقط صحت فایل داده
۴۶	۸-۴ ابعاد جدول
۴۶	۹-۴ بین مشخصه تعادلی فازها
۴۷	۱۰-۴ داده های مربوط به چاهها
۴۷	۱۱-۴ تعیین مقدار ان استک
۴۸	۱۲-۴ مشخصات سفره ای
۴۹	۱۳-۴ شرایط پذیرش سنگ
۴۹	۱۴-۴ مشخصات دانه ها، ریز شده موضعی

۵۱	فصل پنجم: قسمت CRID
۵۱	۱-۵ مقدمه
۵۱	۲-۵ انواع هندسه برای مدل
۵۲	۱-۲-۵ مدل های بی سی
۵۳	۲-۲-۵ مدل های سی پی
۵۶	۳-۲-۵ مدل های شعاعی
۵۷	۳-۵ داده های پتروفیزیکی
۵۸	۱-۳-۵ تراوایی میانگین
۶۰	۲-۳-۵ انتقال پذیری
۶۲	۳-۳-۵ عبارت تحرک - توزین بالادست
۶۳	۴-۵ سلول های غیرفعال
۶۴	۵-۵ تغییر انتقال پذیری سلول ها توسط ضرب کننده ها
۶۸	۶-۵ تعریف گسل در مدل و تغییر انتقال پذیری آن توسط MULTFLT
۷۰	۷-۵ تعریف یک گسل با استفاده از کلیدواژه ADDZCORN
۷۰	۱-۷-۵ استفاده از ADDZCORN برای حرکت همه گوشه های سلول به صورت همزمان
۷۲	۲-۷-۵ استفاده از کلیدواژه ADDZCORN برای حرکت دادن گوشه یک سلول

۷۳	فصل ششم: قسمت PROPS
۷۳	۱-۶ مقدمه
۷۴	۲-۶ جداول در اکلیس
۷۴	۳-۶ جداول اشباع
۷۸	۴-۶ داده های دما - حجم - فشار

۸۰	۴-۱-۴ خواص آب
۸۰	۴-۲-۴ خواص سیال هیدروکربوری
۸۲	۴-۳-۴ نفت مرده
۸۳	۴-۴-۲ گاز خشک
۸۴	۴-۴-۳ نفت زنده
۸۵	۵-۶ نواحی دما- حجم- فشار متعدد
۸۶	۶-۶ روش API Tracking
۸۷	۷-۶ تراکم پذیری سنگ مخزن

ک فصل هفتم: قسمت REGIONS

۸۹	۷-۱ مقدمه
۸۹	۷-۲ بین نواحی مختلف سنگ مخزن

ک فصل هشتم: قسمت SOLUTION

۹۱	۸-۱ مقدمه
۹۱	۸-۲ آغازسازی به روش Enumeration
۹۲	۸-۳ آغازسازی به روش Equilibration
۹۲	۸-۳-۱ عمق مینا (JD)
۹۲	۸-۳-۲ سطح تماس ها
۹۳	۸-۳-۳ مقادیر RsPBvsD و RpDvsD
۹۳	۸-۳-۴ پارامتر Nacc
۹۹	۸-۴ آغازسازی به روش ریستارت

ک فصل نهم: قسمت SUMMARY (بردارهای تابع زه)

۱۰۱	۹-۱ مقدمه
۱۰۱	۹-۲ قواعد نوشتاری کلیدواژه های قسمت SUMMARY
۱۰۴	۹-۳ داده های وابسته به کلید واژه های قسمت SUMMARY
۱۰۵	۹-۴ فایل های SUMMARY
۱۰۶	۹-۵ کلید واژه EXCEL

ک فصل دهم: قسمت SCHEDULE (داده های ورودی تابع زمان)

۱۰۷	۱۰-۱ مقدمه
۱۰۷	۱۰-۱-۲ تعریف چاه و کنترل آن
۱۰۸	۱۰-۲-۱ تعیین مشخصات چاه
۱۱۰	۱۰-۲-۲ تکمیل چاه
۱۱۲	۱۰-۳-۱ داده های تزریق و تولید
۱۱۲	۱۰-۳-۲-۱ کنترل چاه های تولیدی
۱۱۳	۱۰-۳-۲-۲ کنترل چاه های تزریقی

۱۱۵	۴-۲-۱۰ محدودیت‌ها / اهداف / حالات کنترلی
۱۱۶	۳-۱۰ محدودیت‌های اقتصادی برای چاه
۱۱۸	۴-۱۰ کلیدواژه‌های دیگری برای کنترل چاه
۱۱۸	۱-۴-۱۰ کلید واژه WELTARG
۱۱۹	۲-۴-۱۰ کلیدواژه‌های WCONHIST و WCONINJH
۱۱۹	۵-۱۰ محاسبات جریان درونی و برونی دهانه چاه
۱۲۰	۶-۱۰ گام‌های زمانی
۱۲۳	۷-۱۰ ترتیب دستورات و عملیات‌ها
۱۲۴	۸-۱۰ کنترل همگرایی
۱۲۶	۱-۱۰ پناه‌ها افقی و اصطکاک سیال درون چاه
۱۲۹	۱۰-۱۰ غلظت تاریخچه
۱۳۱	۱-۱۰-۱۰ تعلق شاخص بهره‌برداری
۱۳۲	۲-۱-۱۰ ساختار شبکه مدل دینامیکی
۱۳۲	۱-۱۰-۱۰ تغییر انتقال پذیری در جهات X و Y و Z
۱۳۳	۴-۱۰-۱۰ تغییر حجم تخلخل مدل
۱۳۳	۵-۱۰-۱۰ تغییر مشخصه‌ها - ذخازن شکافدار
۱۳۳	۶-۱۰-۱۰ تغییر انتقال پذیری مدل
۱۳۴	۷-۱۰-۱۰ تراز جدول اشباع
۱۳۴	۱-۷-۱۰-۱۰ تراز افقی (تراز نقاط انتهای)
۱۳۷	۲-۷-۱۰-۱۰ تراز عمودی
۱۳۸	۳-۷-۱۰-۱۰ تراز به کمک تابع جی
۱۳۹	بخش فصل یازدهم: وارد کردن داده‌ها و خروجی اکلیپس
۱۳۹	۱-۱۱ مقدمه
۱۴۰	۲-۱۱ روش‌های مختلف ورود اطلاعات و اصلاح آن در اکلیپس
۱۴۰	۱-۲-۱۱ جعبه (BOX)
۱۴۱	۲-۲-۱۱ کلیدواژه EQUALS
۱۴۳	۳-۲-۱۱ کلیدواژه‌های ADD و MULTIPLY
۱۴۴	۴-۲-۱۱ کلیدواژه COPY
۱۴۵	۵-۲-۱۱ کلیدواژه COPYBOX
۱۴۶	۳-۱۱ خروجی اکلیپس، فرمت‌ها و فایل‌ها
۱۴۷	۱-۳-۱۱ اسامی فایل‌ها
۱۴۷	۲-۳-۱۱ خروجی متنی
۱۴۹	۳-۳-۱۱ فایل‌های لاگ
۱۴۹	۴-۳-۱۱ کلیدواژه‌های RPTXXX
۱۴۹	۱-۴-۳-۱۱ RPTGRID
۱۵۰	۲-۴-۳-۱۱ RPTPROPS
۱۵۰	۳-۴-۳-۱۱ RPTSOL

۱۵۱	RPTSCHEID ۴-۴-۳-۱۱
۱۵۱	۴-۱۱ داده‌ها و فایل‌های ریستارت‌ها
۱۵۴	۵-۱۱ فایل‌های ریستارت
۱۵۵	فصل دوازدهم: موضوعات مختلف در شبیه‌سازی
۱۵۵	۱-۱۲ مدل‌سازی سفره آبی
۱۵۶	۱-۱-۱۲ مدل‌های عددی
۱۵۶	۱-۱-۱-۱۲ تعریف سفره آبی
۱۵۹	۱-۱-۱-۱۲ اتصال سفره آبی به مخزن
۱۶۱	۲-۱-۲ مدل کارتر - تریسی
۱۶۲	۲-۱-۲ مدل فتکوچ
۱۶۲	۱۲-۴ مدل فلاکس ثابت
۱۶۳	۲-۱۲ ریز کردن موضعی سلول‌ها (LGR)
۱۶۵	۱۲-۲ ریز کردن موضعی سلول‌ها به صورت شعاعی
۱۶۵	۱۲-۲ اصلاح ساعتی در یک ستون سلول واحد
۱۶۶	۱۲-۲-۱-۲ اصلاح شعاعی در یک جعبه چهار ستونی
۱۶۶	۱۲-۲-۲ ریز کردن سلول‌ها در مختصات کارتیزین
۱۶۸	۱۲-۲-۳ تعریف اندازه سلول‌های شبکه محلی
۱۷۱	۱۲-۲-۴ فعال و غیرفعال کردن LGR
۱۷۱	۱۲-۲-۵ LGRها در حجم‌های بی‌انگام کردن
۱۷۲	۱۲-۲-۶ چاه‌ها در شبکه محلی - چاه‌ها افقی
۱۷۵	۱۲-۳ مدل‌سازی مخازن شکاف‌دار
۱۷۶	۱۲-۳-۱ روش تخلخل یگانه
۱۷۷	۱۲-۳-۲ روش تخلخل دوگانه/تراوایی دوگانه
۱۷۸	۱۲-۴-۱ اتصال سلول‌های غیر همسایه -NNC
۱۷۸	۱۲-۴-۱ Explicit NNC
۱۷۹	۱۲-۴-۲ Fault NNC
۱۷۹	۱۲-۴-۳ LGR-NNC
۱۷۹	۱۲-۴-۴ Dual Poro/Dual Perm NNC
۱۷۹	۱۲-۴-۵ Radial NNC
۱۸۱	فصل سیزدهم: حل عددی معادلات جریان
۱۸۱	۱-۱۳ مقدمه
۱۸۴	۲-۱۳ روش IMPES
۱۸۷	۳-۱۳ حل معادلات غیرخطی - روش نیوتون - رافسون
۱۸۸	۴-۱۳ روش نیوتون-رافسون برای سیستم معادلات غیرخطی
۱۸۹	۵-۱۳ کاربرد روش نیوتون-رافسون در معادلات نفت سیاه
۱۹۰	۶-۱۳ مروری بر حل معادلات در اکلیپس (پیشروی گام زمانی)

۱۹۱	۷-۱۳ روش‌های تکرار برای سیستم‌های خطی
۱۹۲	۱-۷-۱۳ دیدگاه ساده، مستقیم
۱۹۲	۲-۷-۱۳ روش گاوس-سیدل
۱۹۳	۳-۷-۱۳ شتاب دهنده‌ها - روش نقطه SOR
۱۹۴	۱-۳-۷-۱۳ گرادیان مزدوج ارتومین
۱۹۵	۲-۳-۷-۱۳ ساختار بردارهای q
۱۹۶	۴-۷-۱۳ پیش‌شرط‌سازی
۱۹۷	۵-۷-۱۳ پیش‌شرطی‌سازی و ارتومین
۱۹۸	۶-۷-۱۳ تعیین یک پیش‌شرطی‌ساز - عامل‌بندی تودرتو
۲۰۰	۱۰-۱۳ کنترل همگرایی II - پارامترهای TUNING
۲۰۳	۱۱- ۱- نقش‌های نسبی گام زمانی، LITMAX و NEWTMX
۲۰۵	۱۳ خلاصه کلیدواژه TUNING
۲۰۷	کتاب فصل چهارم: بحث مدل مصنوعی تزریق آب
۲۰۷	۱-۱۴ مقدمه
۲۰۷	۲-۱۴ شبیه‌سازی تزریق آب
۲۱۷	پیوست: نمونه سوالات آزمون Eclipse
۲۳۰	منابع

پیشگفتار

در این کتاب سعی شده زمینه‌های لازم جهت استفاده از شبیه‌ساز مخزن به عنوان یک ابزار فراهم آورده و برخی از موضوعات مربوط به شبیه‌سازی مخزن در این کتاب پوشش داده شده است. با توجه به اینکه مجموعه اطلاعات ورودی برای شبیه‌سازهای مختلف مخزنی یکسان است، مخاطب می‌تواند با نحوه استفاده از شبیه‌ساز مخزن نفت سیاه (اکلیپس^۱)، ارائه شده توسط شرکت Schlumberger آشنا شود.

شبیه‌ساز اکلیپس، نرم‌افزاری جامع و مناسب جهت عملیات شبیه‌سازی انواع مخازن با هر درجه پیچیدگی ساختمانی یا زه‌ساختی یا نوع سیال است. کاربردهای اکلیپس با توجه به قابلیت‌های گسترده و فراوان آن نسبت به سایر نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مشابه، بسیار زیاد است به طوری که می‌توان گفت به یک نرم‌افزار استاندارد جهانی تبدیل گردیده است. مزیت دیگر این شبیه‌ساز، کاربرپسند بودن آن است. این نرم‌افزار از روش اختلافات محدود در حل مسائل بهره می‌گیرد.

در این اثر سعی شده تا بسیاری از موضوعات رایج و مهمات کلیدی در زمینه شبیه‌سازی شرح داده شود تا بتوان داده‌های ورودی نرم‌افزار را برای تعداد زیادی از مسائل پیش‌رو تنظیم کرد. با این حال، کاربر باید آگاه باشد که تنها مجموعه کوچکی از کامیات کلیدی، شرح داده می‌شود و برای بسیاری از پارامترها، تنها مجموعه‌ای از کلیدواژه‌های موجود اشاره خواهد شد. و همچنین سعی شده کاربر به راحتی، داده‌های ورودی مورد نیاز شبیه‌ساز مخزن را درک کند و بتواند فایل‌های ورودی را به فرمت‌های قابل استفاده در نرم‌افزار تبدیل کند و در نتیجه به اجرای شبیه‌سازی با برنامه اکلیپس بپردازد.

مطالب این کتاب در بعضی از مواقع فنی و تخصصی می‌شود و باید برای تسلط بر آن تمرین کرد. به صرف آشنایی با کلیدواژه‌ها و نحوه نگارش آنها و همچنین اجرای فایل

1 - Eclipse

2 - Schlumberger

شبیه‌سازی، نمی‌توان در جهت مدیریت مخزن مفید واقع شد و باید شخص پیش‌زمینه علمی مخزن را نیز داشته باشد تا بتواند مخازن مختلف را به درستی مدل‌سازی کند و بعد از آن به شبیه‌سازی و تفسیر خروجی شبیه‌ساز بپردازد تا در جهت مدیریت مخزن گام بردارد. پیش‌نیاز مطالعه این کتاب داشتن اطلاعات اساسی در زمینه مهندسی مخزن، ریاضیات عمومی و عددی و معادلات دیفرانسیل می‌باشد.

شایسته است از کلیه دست‌اندرکاران انتشارات ستایش که آماده‌سازی و انتشار این اثر را انجام داده و از دوست عزیزمان آقای سپهر براتی نردین که در تألیف این اثر ما را یاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی را نماییم.

در پایان، از مدیریت توسعه منابع انسانی و کمیته انتشارات شرکت ملی نفت ایران که امکان نشر این اثر را فراهم کرده، سپاسگزاری نموده و برای همه دست‌اندرکاران مطالب علمی آرزوی توفیق می‌نماییم.