

آموزش نرم افزار

Eclipse

دکتر مهدی رضوی فر (عضو هیئت علمی دانشگاه سراسری تبریز)

مهندس فرحناز احدی فر (مهندسی نفت دانشگاه تهران)

| | |
|-------------------------|--|
| سرشناسه | : رضوی فر، مهدی، ۱۳۷۱- -Razavifar, Mehdi, 1992 |
| عنوان و نام پدیدآور | : آموزش نرم افزار Eclipse/مهدی رضوی فر، فرحناز احدی فر. |
| مشخصات نشر | : تهران: سپها، ۱۴۰۲. |
| مشخصات ظاهری | : [۱۹۱] ص: مصور(بخشی رنگی)، جدول، نمودار(بخشی رنگی). |
| شابک | : ۲۵۰۰۰۰۰ ریال 4-101-334-622-978: |
| وضعیت فهرست نویسی | : فیپا |
| یادداشت | : کتابنامه: ص. [۱۸۸ - ۱۹۱]. |
| موضوع | : نرم افزار اکلیپس Eclipse (Computer software) |
| موضوع | : نفت -- مهندسی مخازن زیرزمینی -- شبیه سازی -- نرم افزار Oil reservoir engineering -- Simulation methods -- Software مخزن های گاز -- شبیه سازی -- نرم افزار Gas reservoirs -- Simulation methods -- Software میدان های نفتی -- الگوهای ریاضی Oil fields -- Mathematical models نفت -- مهندسی مخازن زیر زمینی -- شبیه سازی Oil reservoir engineering -- Simulation methods |
| شناسه افزوده | : احدی فر، مهناز، ۱۳۸۰- |
| رده بندی کنگره | : TN۸۷۱ |
| رده بندی دیویی | : ۳۳۸۲۰۱۱۳/۶۲۲ |
| شماره کتابشناسی ملی | : ۹۵۶۴۵۹۳ |
| اطلاعات رکورد کتابشناسی | : فیپا |

عنوان کتاب آموزش نرم افزار ECLIPSE
 نویسندگان : دکتر مهدی رضوی فر، مهندس فرحناز احدی فر
 تدوین و تنظیم : خانه مهندسی نفت ایران
 ناشر انتشارات سپها
 سال نشر ۱۴۰۲
 تیراژ ۱۰۰
 نوبت چاپ اول
 چاپ سپها
 قیمت ۲/۵۰۰/۰۰۰ ریال
 شابک : ۹۷۸-۶۲۲-۳۳۴-۱۰۱-۴

تمامی حقوق این اثر برای "خانه مهندسی نفت ایران" محفوظ است.



تقدیم بہ

دانشجویان، متخصصان و تلاسگران عرصہ نفت و گاز کشور

مقدمه مولفین

در حال حاضر، با افزایش روزافزون نیاز به انرژی و سوخت در جهان، موضوع ازدیاد برداشت نفت و بهینه‌سازی عملیات تولید از مخازن هیدروکربنی به عنوان یک چالش کلیدی در صنعت نفت و گاز کشور مطرح است. در همین راستا، استفاده از نرم افزارهای کاربردی و مدل‌سازی‌های معتبر به منظور شبیه‌سازی عملیات تولید از مخازن و هم‌چنین بررسی سناریوهای مختلف بهبود تولید نفت با هدف بهینه‌سازی فرآیند تولید بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته‌اند. به همین منظور نرم افزارهای متنوعی مانند Eclipse, CMG, Peterl برای شبیه‌سازی مخازن هیدروکربنی ارائه شده‌اند. در این بین، استفاده از نرم افزار Eclipse به دلیل سهولت بیشتر و کاربرد وسیع‌تر در زمینه مهندسی مخازن، در اکثر مطالعات آکادمیک دانشگاهی و هم‌چنین پروژه‌های صنعتی مرتبط با مهندسی نفت و گاز مورد استفاده قرار گرفته است.

نرم‌افزار Eclipse امکان شبیه‌سازی ساختارهای استاتیک مختلف در مخازن هیدروکربنی با درجه‌های ناهمگنی مختلف را دارد. این نرم افزار از بخش‌های متنوعی تشکیل شده است که قابلیت شبیه‌سازی سیال مخزن، لایه‌های مختلف زمین‌شناسی، ساختارهای مختلف سنگ، شبکه حفرات با خواص مختلف و سفره‌های آبی را دارد. به منظور شبیه‌سازی مخازن نفت سنگین یا عملیات تزریق آب و گاز غیر امتزاجی که ترکیب سیال مخزن در طول این عملیات تغییر نمی‌کند از بخش ECLIPSE 100 و مدل نفت سیاه در این شبیه‌ساز استفاده می‌شود؛ اما در شرایطی که ترکیب سیال در شرایط مختلف (تغییر دما و فشار مخزن) تغییر کند و نیاز به حل معادلات حالت باشد از بخش ECLIPSE 300 در نرم افزار استفاده می‌شود؛ که معروف به مدل ترکیبی است. هم‌چنین در روش‌های حرارتی ازدیاد برداشت نفت مانند روش تزریق بخار، از مدل ترکیبی برای شبیه‌سازی عملیات استفاده می‌شود.

با توجه به لزوم آموزش دقیق و کاربردی نرم افزار Eclipse، این کتاب که حاصل تجارب چندین ساله نویسندگان در زمینه مهندسی مخازن هیدروکربنی و شبیه سازی مخازن با استفاده از نرم افزار Eclipse است، نگارش شده است. در این کتاب سعی گردیده تا نحوه دقیق شبیه سازی مخازن هیدروکربنی به کمک نرم افزار Eclipse به صورت جامع ارائه شود. در همین راستا، آموزش جداگانه روش های آماری، مدل های مورد استفاده در شبیه سازی مخازن و کدهای کاربردی و متداول در این فرآیند ارائه شدند. هم چنین نحوه شبیه سازی با مدل نفت سیاه و مدل ترکیبی به همراه مثال های کاربردی برای عملیات تزریق آب و تزریق گاز امتزاجی ارائه شده اند. در آموزش بخش های مختلف کتاب، از مثال های متنوع برای بهبود درک کدهای مختلف استفاده شده است. در پایان ضمن تشکر از مدیریت خانه مهندسی نفت ایران جناب آقای میلاد مقصودی اکبری، از همه خوانندگان عزیز درخواست می شود؛ به منظور ارتقای کیفی کتاب، نظرات و پیشنهادات سازنده خود را به نویسندگان از طریق ایمیل زیر منتقل کنند.

با تشکر

دکتر مهدی رضوی فر (هیات علمی دانشگاه تبریز)

مهندس فرحناز احدی فر (مهندسی نفت دانشگاه تهران - دانشکده فنی فومن)

Petedep.info@gmail.com

فهرست مطالب

| | |
|---|----|
| فصل اول: شبیه سازی مخازن و روش حل معادلات..... | ۱۵ |
| ۱-۱- مقدمه..... | ۱۶ |
| ۲-۱- مش بندی در شبیه سازی..... | ۱۶ |
| ۱-۲-۱- کاربرد مش بندی در شبیه سازی مخازن..... | ۱۷ |
| ۳-۱- معرفی روش های ریاضی حل معادلات..... | ۱۷ |
| ۱-۳-۱- روش های عددی..... | ۱۸ |
| ۲-۳-۱- روش دیفرانسیل کوادراچر..... | ۲۱ |
| ۳-۳-۱- معادله دیفرانسیل جزئی (PDE)..... | ۲۴ |
| ۴-۳-۱- روش المان محدود (Finite Element Method)..... | ۲۵ |
| ۵-۳-۱- روش ضمنی (Implicit)..... | ۲۵ |
| ۶-۳-۱- روش صریح (Explicit)..... | ۲۶ |
| ۷-۳-۱- روش فشار ضمنی - درجه اشباع صریح (IMPES)..... | ۲۷ |
| ۴-۱- نحوه محاسبات معادلات..... | ۲۸ |
| ۱-۴-۱- فرمولاسیون صریح (Explicit)..... | ۳۱ |
| ۲-۴-۱- روش ضمنی (Implicit)..... | ۳۳ |
| ۱-۲-۴-۱- مقایسه روش Implicit و Explicit..... | ۳۵ |

۳۵ ۳-۴-۱ فرمولاسیون فشار ضمنی - درجه اشباع صریح (IMPES)

۴۱ ۳-۴-۱-۱ توانایی روش IMPES

فصل دوم: معرفی شبیه ساز Eclipse ۴۳

۴۴ ۱-۲ مقدمه

۴۴ ۲-۲ زیر شاخه‌های رشته مهندسی نفت

۴۵ ۳-۲ معرفی نرم افزار Petrel

۴۶ ۱-۳-۲ ویژگی‌های نرم افزار Schlumberger Petrel

۴۷ ۴-۲ معرفی نرم افزار Eclipse

۴۹ ۱-۴-۲ ویژگی‌های نرم افزار Schlumberger ECLIPSE

۵۱ ۵-۲ معرفی نرم افزار CMG

۵۱ ۱-۵-۲ ویژگی‌های مجموعه CMG

۵۲ ۶-۲ مقایسه نرم افزار Eclipse و CMG

فصل سوم: معرفی ماژول‌های مختلف نرم افزار Eclipse ۵۵

۵۶ ۱-۳ مقدمه

۵۶ ۲-۳ ماژول‌های نرم افزار Eclipse

۵۷ ۱-۲-۳ ماژول Floviz

۵۹ ۲-۲-۳ ماژول Office

۶۲ ۳-۲-۳ ماژول PVTi

| | | | | |
|----|-------|--|-----------------------|-------|
| ۶۴ | ..... | SCAL | ماژول | ۴-۲-۳ |
| ۶۷ | ..... | Eclipse Manual | | ۳-۳ |
| ۶۷ | ..... | Eclipse Reference Manual | | ۱-۳-۳ |
| ۶۷ | ..... | Eclipse Technical Description | | ۲-۳-۳ |
| ۶۹ | ..... | فصل چهارم: نحوه ساخت استاتیک مخزن | | |
| ۷۰ | ..... | Eclipse | کد نویسی در شبیه سازی | ۱-۴ |
| ۷۱ | ..... | RUNSPEC | | ۲-۴ |
| ۷۱ | ..... | TITLE | | ۱-۲-۴ |
| ۷۲ | ..... | DIMENS | | ۲-۲-۴ |
| ۷۳ | ..... | FIELD | | ۳-۲-۴ |
| ۷۳ | ..... |  | سیالات موجود در مخزن | ۴-۲-۴ |
| ۷۴ | ..... | FULLIMP | | ۵-۲-۴ |
| ۷۵ | ..... | WELLDIMS | | ۶-۲-۴ |
| ۷۵ | ..... | TABDIMS | | ۷-۲-۴ |
| ۷۶ | ..... | START | | ۸-۲-۴ |
| ۷۷ | ..... | GRID | | ۳-۴ |
| ۷۷ | ..... | DXV | | ۱-۳-۴ |
| ۷۸ | ..... | DYV | | ۲-۳-۴ |

۷۸ DZ-۳-۳-۴

۸۱ TOPS-۴-۳-۴

۸۲ BOX -۵-۳-۴

۸۴ INIT-۶-۳-۴

۸۵ GRIDFILE-۷-۳-۴

۸۵ RPTGRID -۸-۳-۴

۸۷ فصل پنجم: نحوه ساخت دینامیک مخزن

۸۸ PROPS-۱-۵

۸۹ PVDO -۱-۱-۵

۹۰ DENSITY -۲-۱-۵

۹۱ SWOF -۳-۱-۵

۹۴ PVTW -۴-۱-۵

۹۶ ROCK -۵-۱-۵

۹۶ REGION ساختار -۲-۵

۹۷ SATNUM -۳-۵

۹۷ SOLUTION-۴-۵

۹۸ SUMMERY -۵-۵

۱۰۱ فصل ششم: بهره برداری از چاه

۱۰۲.....SCHEDULE -۱-۶

۱۰۲..... WELLSPECS-۱-۱-۶

۱۰۴..... COMPDAT-۲-۱-۶

۱۰۷..... WCONPROD -۳-۱-۶

۱۰۹..... WCONINJE -۴-۱-۶

۱۱۰..... TSTEP-۲-۶

۱۱۱.....END-۳-۶

۱۱۱.....LGR اصلاح (تصحیح محلی).

۱۱۱.....۵-۶- آنالیز حساسیت (گره).

۱۱۳..... فصل هفتم: شبیه سازی مخازن شکاف دار.

۱۱۴.....۱-۷- مخازن شکاف دار.

۱۱۴.....RUNSPEC -۲-۷

۱۱۴.....۱-۲-۷- مدل تخلخل دو گانه (DUAL PORO)

۱۱۵.....۲-۲-۷- مدل تراوایی دو گانه (DUAL PERM)

۱۱۵..... DIMENS-۳-۲-۷

۱۱۶..... GRAVDR -۴-۲-۷

۱۱۶.....GRID-۳-۷

۱۱۷.....EQUALS -۱-۳-۷

۱۱۸..... BOX-۲-۳-۷

۱۲۱ TOPS -۳-۳-۷

۱۲۱ SIGMAV-۴-۳-۷

۱۲۲COMPDAT -۴-۷

۱۲۳ فصل هشتم: حفره چاه افقی و چند شاخه‌ای

۱۲۴۱-۸- حفر چاه افقی

۱۲۴ RUNSPEC-۱-۱-۸

۱۲۴ COMPDAT -۲-۱-۸

۱۲۶۲-۸- حفر چاه چند شاخه‌ای

۱۲۶ RUNSPEC -۱-۲-۸

۱۲۷ COMPDAT -۲-۲-۸

۱۲۹ فصل نهم: تزریق آب و گاز غیر امتزاجی به چاه

۱۳۰۱-۹- تزریق متناوب آب و گاز

۱۳۰ WELLSPECS -۱-۱-۹

۱۳۱ WCONINJE -۲-۱-۹

۱۳۲ WCYCLE -۳-۱-۹

۱۳۴ فصل دهم: اجرای کد نوشته شده در نرم افزار

۱۳۵۱-۱۰- نحوه اجرای نرم افزار

۱۴۰ Floviz-۲-۱۰-ماژول

۱۴۲.....نحوه خروجی گرفتن از Eclipse به صورت فایل، نمودار و جدول.....۳-۱۰

۱۴۲ SCAL-۱-۳-۱۰

۱۴۳ Plot Rel.Perm.Records -۱-۱-۳-۱۰

۱۴۴ Plot Cap.Press.Records -۲-۱-۳-۱۰

۱۴۵ Office-۲-۳-۱۰

۱۴۶ Result-۱-۲-۳-۱۰

۱۴۹ Result-۲-۲-۳-۱۰

۱۵۳.....Eclipse 300 نحوه کدنویسی فصل یازدهم:

۱۵۴.....مقدمه.....۱-۱۱

۱۵۴.....قسمت های مختلف کدنویسی.....۲-۱۱

۱۵۵.....RUNSPEC-۳-۱۱

۱۵۵ TITLE-۱-۳-۱۱

۱۵۶.....FIELD-۲-۳-۱۱

۱۵۷ PHASE-۳-۳-۱۱

۱۵۷ FULLIMP-۴-۳-۱۱

۱۵۸ COMPS-۵-۳-۱۱

۱۵۸ EOS-۶-۳-۱۱

۱۵۹ DIMMENS-۷-۳-۱۱

| | |
|-----|--|
| ۱۶۰ | TABDIMS-۸-۳-۱۱ |
| ۱۶۰ | MULTSAVE-۹-۳-۱۱ |
| ۱۶۰ | START-۱۰-۳-۱۱ |
| ۱۶۱ | GRID-۴-۱۱ |
| ۱۶۳ | PROPS-۵-۱۱ |
| ۱۶۴ | PVTi -۱-۵-۱۱ |
| ۱۶۸ | PVTW -۲-۵-۱۱ |
| ۱۶۸ | DENSITY -۳-۵-۱۱ |
| ۱۶۹ | ROCK -۴-۵-۱۱ |
| ۱۶۹ | SWOF -۵-۵-۱۱ |
| ۱۷۰ | نحوه نوشتن جدول اشباع سیال سه فازى -۱-۵-۵-۱۱ |
| ۱۷۶ | ZMFVD -۶-۵-۱۱ |
| ۱۷۷ | ZI -۷-۵-۱۱ |
| ۱۷۷ | SOULOTION -۶-۱۱ |
| ۱۷۸ | SUMMARY -۷-۱۱ |
| ۱۷۸ | SCHEDULE -۸-۱۱ |
| ۱۷۹ | WELLSPECS -۱-۸-۱۱ |
| ۱۸۰ | COMPDAT -۲-۸-۱۱ |

١٨١ WCONPROD -٣-٨-١١

١٨٢ WCONINJE -٤-٨-١١

١٨٤ WELLSTRE -٥-٨-١١

١٨٥ WINJGAS -٦-٨-١١

١٨٥ TSTEP -٩-١١

١٨٥ END -١٠-١١

١٨٨ منابع

فصل اول

شبیه سازی مخازن و روش حل معادلات

۱-۱- مقدمه

شبیه سازی ایجاد یک مدل ریاضی است که تا حد زیادی با مدل واقعی شباهت دارد و از این مدل ریاضی می توان برای پیش بینی رفتار آینده مدل واقعی استفاده کرد. برای حل یک مدل ریاضی، سه روش متداول وجود دارد: ۱- روش تحلیلی ۲- روش عددی ۳- روش مقایسه ای. مدل های استفاده شده در یک برنامه شبیه سازی معمولاً آنچنان پیچیده هستند که اغلب حل آن ها از طریق روش عددی (Numerical) امکان پذیر است. اگر یک مدل ریاضی در حالت شبیه سازی مورد استفاده قرار گیرد، نیازمند به تطابق مدل با سیستم واقعی است و نتایج این مدل پیش بینی رفتارهای آینده سیستم می باشد که از آن ها می توان به عنوان قاعده ای برای تصمیم گیری استفاده کرد.

۱-۲- مش بندی در شبیه سازی

مش یکی از عناصر اساسی فرآیند شبیه سازی در تحلیل اجزای محدود (FEA)^۱ است. مش شبکه ای است که از سلول ها و نقاط (یا گره ها) تشکیل شده است که تقریباً می تواند هر شکل یا اندازه ای داشته باشد و برای حل معادلات دیفرانسیل جزئی استفاده شود. هر سلول مش بیانگر یک راه حل جداگانه از معادله است که وقتی با کل شبکه ترکیب می شود، به یک راه حل برای کل مش منجر می شود. حل کل شیء بدون تقسیم آن به قطعات کوچکتر می تواند به دلیل پیچیدگی درون جسم غیرممکن باشد. ناهمگنی ها، گوشه ها و زوایا می توانند دستیابی به راه حل را برای حل کننده ها بسیار دشوار کنند. از سوی دیگر سلول های کوچک به آسانی، قابل حل هستند. بنابراین استفاده از آنها قابل ارجحیت است. مش بندی اغلب در شبیه سازی مبتنی بر نرم افزار برای تجزیه و تحلیل المان محدود (FEA) و دینامیک سیالات محاسباتی (CFD)^۲ استفاده و می تواند به طور قابل توجهی بر دقت شبیه سازی و منابع مورد نیاز برای انجام شبیه سازی تاثیر بگذارد.

1-Finite Element Analysis

2-Computational Fluid Dynamics

۱-۲-۱- کاربرد مش بندی در شبیه سازی مخازن

۱) فرض‌های بنیادی در استفاده از مش بندی، همگن بودن فضا از نظر فیزیکی و پیوسته بودن از نظر ریاضیات است.

۲) در ساده‌ترین حالت می‌توان مخازن را از نظر تخلخل، نفوذپذیری و خواص سیالات کاملاً یکنواخت در نظر گرفت. همچنین مرزهای سیستم بایستی کاملاً مشخص باشد و صرفاً با یک یا چند چاه، خروجی داشته باشد. در نتیجه باید دانست در صورت ارتباط با مخازن مجاور، آب دریا یا مخازن گازی، مسئله بسیار پیچیده‌تر می‌شود.

۳) مرزهای سیستم عموماً به انتقال جرم مربوط می‌شود. یکی از آنها تغییرات جرم نسبت به زمان و دیگری مشتق اول جرم، نسبت به زمان و مکان است. همچنین مشتق دوم جرم نسبت به زمان و مکان یکی دیگر از شرایط مرزی است.

۴) حل معادلات دیفرانسیل با چند متغیر متفاوت، مخصوصاً در جایی که تغییرات نسبت به زمان ایجاد می‌شود، عموماً از حالت خطی خارج می‌شود و حل آن امکان پذیر نیست.

۱-۳- معرفی روش‌های ریاضی حل معادلات

پیش‌بینی توزیع فشار در یک مخزن نفتی برای ارزیابی و نگهداری مخزن مهم است، زیرا فشار با فضا و زمان تغییر می‌کند. یک رویکرد مناسب برای دستیابی موثر به این کار، فرمول‌بندی معادلات جریان سیال بر اساس ویژگی‌های مخزن و حل عددی آنها است. روش عددی راه‌حلی را برای مدل‌های ریاضی جریان سیال توسعه یافته در شبیه سازی مخزن ارائه می‌دهد. امروزه به شبیه ساز جریان سیال در مخازن هیدروکربوری به عنوان ابزاری بسیار مفید در صنایع نفت و گاز نگاه می‌شود. محققین بسیاری در این زمینه تلاش نموده‌اند که در هنگام توسعه یک شبیه ساز، عملکرد آن را از نظر دقت و هزینه محاسباتی بهبود بخشند. در اولین قدم توسعه یک شبیه ساز