Archive of SID

مجموعه مقالات سومین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
تهران، ۲۹ خرداد ماه ۱۳۹۳ مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا
تلفن: ۸۸۶۷۱۶۷۶ - ۰۲۱ www.Reservoir.ir

مقایسه مراحل انجام مدل سازی استاتیک مخازن هیدروکربنی با استفاده از نرم افزارهای RMS و PETREL

ولی مهدی پور[۱]، خدیجه هاشمیان[۲]

کارشناس ارشد زمین شناسی نفت، شرکت بین المللی نفت سینوپک mehdipour.vali@gmail.com

چکیده:

در این مطالعه مراحل ساخت مدل استاتیک مخزن توسط دو نرم‌افزار زمین‌شناسی RMS و PETREL بصورت اجمالی مورد مقایسه قرار گرفت. روند انجام مدل سازی با استفاده از این دو نرم افزار اگرچه منجر به میزان حجم سنجی واحدی می شود، لکن مراحل اجرای آن تا حدی متفاوت می باشد. این تفاوتها از نحوه ورود داده های لازم برای مدل سازی تا مرحله درشت نمایی مدل وجود دارند. در RMS همه فولدرهای لازم برای انجام مدل استاتیک بصورت پیش فرض تعبیه شده است، اما در PETREL بجز برخی فولدرها در بقیه موارد باید کاربر نسبت به ایجاد فولدر مربوطه اقدام نماید. مراحل مدل سازی در PETREL نسبت به RMS ساده تر بوده و برخی ماژولها حذف و برخی دیگر باهم ادغام شده اند. همچنین در مواردی ترتیب اجرای مراحل مدل سازی در دو نرم افزار، متفاوت بوده و اسامی جداگانه ای دارند. در مدل سازی خواص مخزنی، الگوریتمهای مشابه با استفاده از روشهای زمین آماری قطعی (Deterministic) و تصادفی (Stochastic) در هر دو نرم افزار قابل انجام می باشد.

کلید واژه ها: RMS، PETREL، مدل استاتیک، خواص مخزنی، روش قطعی

Abstract:

In this study, static modeling using both RMS and PETREL softwares has been briefly compared. Although using both of them provides identical results, in some cases, the processing is different. These differences include of various range of data inputting until upscaling. In the Irap-RMS, all needed folders for data inputting have been considered as a default, but in PETREL most data needed generating special folders unless few of them which considered as a default. Static modeling processes in RMS is simpler than the processes in PETREL, so that, some modules were combined together or removed to be simplified. In some cases, the processing sequence in both softwares are different or they have different names. During property modeling identical algorithms and geostatistics such as "Deterministic" or "Stochastic" have been used in both softwares.

Keywords: RMS, PETREL, static model, property modeling, Deterministic

[۱] *کارشناس ارشد زمین شناسی نفت، شرکت بین المللی نفت سینوپک*
[۲] *دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی نفت - دانشگاه آزاد اسلامی امیدیه*

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه:

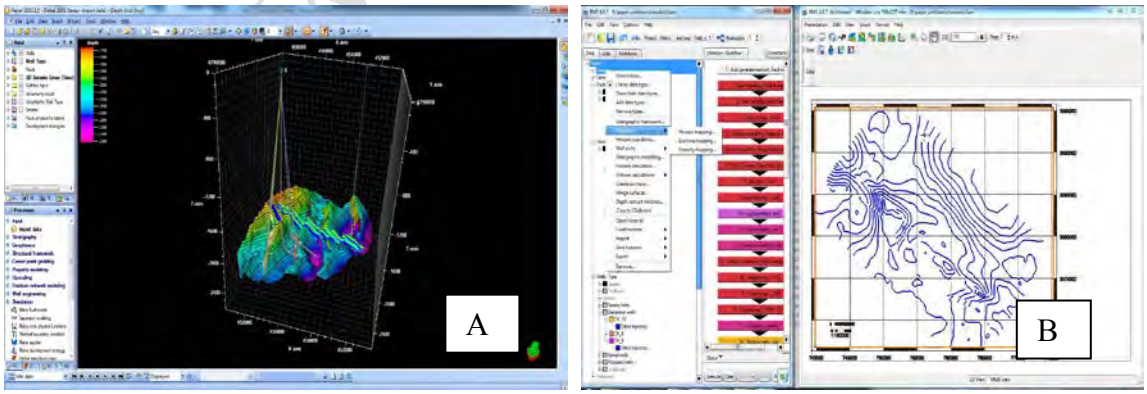
نرم افزارهای مدل سازی استاتیک یک دید سه بعدی از زمین شناسی و ساختمان مخزن و نیز نحوه توزیع پارامترهای مخزنی به کاربر ارائه داده و امکان محاسبه حجم مخزن را فراهم می کند. در حال حاضر، ساخت مدل استاتیک مخزنی در ایران توسط نرم‌افزارهای زمین‌شناسی RMS و PETREL با استفاده از یک مجموعه داده‌های ورودی انجام می گیرد. روند انجام مدل سازی با استفاده از این دو نرم افزار اگرچه منجر به نتیجه واحدی می شود، لکن تا حدی متفاوت می باشد. در این مقاله سعی شده است علاوه بر نگاه اجمالی به روند انجام مدل سازی با هر دو نرم افزار تا حدی به تفاوتهای موجود نیز اشاره گردد، اگرچه بررسی دقیق این تفاوتها و تاثیر آن بر نحوه توزیع خواص مخزنی و حجم نهایی بسیار پیچیده و زمان بر می باشد. بطور کلی، مدلسازی استاتیک مخزن شامل ایجاد مدل ساختمانی و مدل خواص مخزن می باشد. مدلسازی ساختمانی شامل ایجا مدل گسل‌ها، مدلسازی چینه‌ای و ساخت مدل ژئوسلولار سه بعدی بوده و مدل خواص مخزن نیز دربرگیرنده مراحل ایجاد مدل رخساره ای و مدل پتروفیزیکی است.

۲- روش تحقیق:

در این مطالعه مراحل ساخت مدل استاتیک و ماژول های مختلف دو نرم‌افزار زمین‌شناسی PETREL (۲۰۱۰) و RMS 9.0.7 بصورت اجمالی مورد مقایسه قرار گرفت. با این حال، بدلیل گستردگی مباحث مربوط به مدلسازی استاتیک صرفاً به طرح برخی تفاوتهای موجود در نحوه انجام مراحل مدل سازی بسنده شد.

۳- بحث:

انجام مدل سازی استاتیک مخزنی معمولاً با آماده کردن داده های مختلف با فرمت های متناسب و وارد کردن آنها به نرم افزار شروع می شود. هرچند نوع داده های ورودی یکسان هستند، اما در مواردی فرمت داده های ورودی و مراحل انجام فرایند مدلسازی توسط دو نرم افزار فوق باهم متفاوت می باشند. در این مقاله سعی گردیده است به برخی تفاوتها و تشابهات مشهود مابین آنها و احیاناً برخی مزایای آنها به صورت اجمالی اشاره گردد. در شکل-۱ نمایی کلی از نرم افزارهای PETREL (۲۰۱۰) و RMS 9.0.7 نشان داده شده است.



شکل-۱ دید کلی نرم افزار PETREL (۲۰۱۰) (A) و RMS 9.0.7 (B)

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۱- وارد کردن داده ها (Data Importing):

داده‌های ورودی برای ساخت مدل استاتیک مخزن شامل اطلاعات چاه اعم از مختصات جغرافیایی، داده مسیر انحراف چاه و نمودارهای پتروفیزیکی، اطلاعات ساختاری مخزن شامل کانتورهای ساختمانی عمقی و گسلها، مرزبندی حدود میدان، سطوح تماس آب و نفت و گاز، اعماق سرسازندها و سرزونها، و نیز در مواردی منحنی‌های فشار موئینگی می‌باشند. اگرچه نوع داده ها برای هر دو نرم افزار یکی است ولی نحوه ورود و تعریف آنها تا حدی متفاوت می باشد. در RMS همه فولدرهای لازم برای انجام مدل استاتیک بصورت پیش فرض تعبیه شده است، هرچند می توان در مواردی فولدر جدیدی برحسب نیاز ایجاد نمود ولی در PETREL صرفاً برخی فولدرها بصورت پیش فرض تعبیه شده است و در بقیه موارد کاربر باید نسبت به ایجاد فولدر مربوطه اقدام نماید.

۳-۱-۱- داده های چاه (Wells):

فولدر چاهها (Wells) بصورت پیش فرض در نرم افزار PETREL تعبیه شده و از سه نوع داده شامل اطلاعات موقعیت چاهها (Well Head)، اطلاعات مسیر حفاری چاهها (Well path deviation) و اطلاعات نمودارهای پتروفیزیکی چاهها (well log) استفاده می شود. در نرم افزار RMS 9.0.7 اطلاعات چاهها معمولاً بر حسب تعریف کاربر (user defined) بصورت دو نوع فایل مجزا وارد نرم افزار می شود. فایل اول شامل اطلاعات موقعیت چاه و ارتفاع میز دوار به همراه داده های مسیر انحراف چاه می باشد. فایل دوم نیز اطلاعات نمودارهای پتروفیزیکی چاهها اعم از داده های اولیه یا داده های تفسیر شده با فرمت های مربوطه می باشد.

۳-۱-۲- خطوط همتراز عمقی (UGC):

در نرم افزار RMS 9.0.7 سطوح عمقی و افق ها به دو نوع تفسیر شده (Interpreted) و محاسبه شده (Calculated) تقسیم می شوند. فولدر مربوط به این سطوح بصورت پیش فرض در نرم افزار تعبیه شده است. داده های سطوح تفسیر شده عمقی یا خطوط همتراز عمقی (UGC) براساس نتایج تفسیر شده ژئوفیزیکی وارد می شوند ولی داده های نوع دوم در حین مدل سازی چینه ای توسط نرم افزار ساخته می شوند. ویرایش خطوط همتراز عمقی در RMS براحتی امکان پذیر است، در حالیکه بندرت چنین کاری با استفاده از PETREL قابل انجام است. در ضمن در نرم افزار PETREL باید فولدر جدیدی برای وارد کردن داده های سطوح عمقی تفسیر شده توسط کاربر ساخته شود.

۳-۱-۳- داده های سرسازندها و سرزونهای چاه (Well tops- Well pick):

در RMS اطلاعات مربوط به سرسازندها جزو اطلاعات افق ها (Horizons) محسوب می شود و بنام Well pick وارد و در آن ذخیره می شود اما در PETREL فولدر جداگانه ای با امکانات بیشتر بنام Well tops بصورت پیش فرض برای این کار تعبیه شده است. با استفاده از این ماژول می توان در بخش تطابق سازندها (Well Correlation) سرسازندها را براحتی تطبیق داده و اصلاح نمود.

۳-۱-۴- داده های گسلها (Faults):

اگرچه در نرم افزار PETREL باید فولدر جدیدی برای وارد کردن داده های گسلها توسط کاربر ساخته شود، با این حال، نوع و فرمت داده های مورد استفاده (اعم از Fault stick یا Fault polygon) در هر دو نرم افزار یکی می باشند. البته لازم است در RMS نوع گسل (اعم از نرمال یا معکوس) تعیین گردد.

۳-۱-۵- محدوده میدان (Project Boundary):

www.SID.ir

Archive of SID

در نرم افزار PETREL باید فولدر جدیدی برای وارد کردن این نوع داده (معمولا داده خطی) توسط کاربر ساخته شود ولی در RMS برحسب نوع مرزبندی اعم از محدوده میدان یا فاز خاصی از آن میدان موارد لازم بصورت پیش فرض تعبیه شده است.

۳-۲- مدل ساختمانی (Structural Modeling):

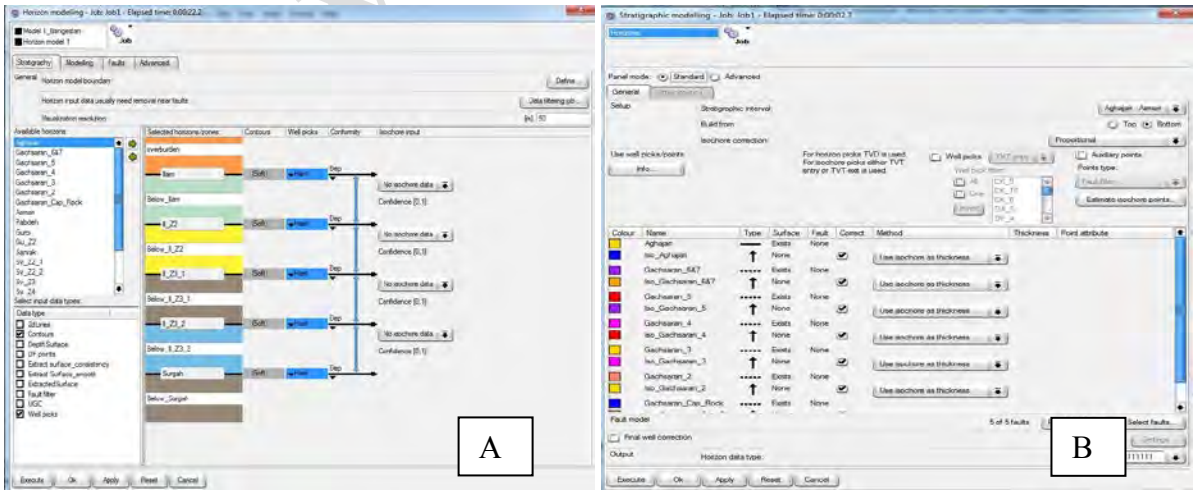
ساختار یک میدان اغلب یکی از مهمترین اجزای مدل استاتیک مخزنی محسوب شده و معمولاً نقطه شروع یک مدل مخزنی می باشد. مدلسازی ساختمانی زمین‌شناسی عبارت از فرآیند مدل سازی گسل‌ها و انجام چینه‌شناسی مخزنی بصورت سه بعدی می‌باشد. بطور کلی مدل ساختمانی شامل سه قسمت مدلسازی گسل‌ها، مدلسازی چینه‌ای و ساخت مدل ژئوسلولار سه بعدی (3D Grid) می‌باشد.

۳-۲-۱- مدلسازی گسلها (Fault Modeling):

مدلسازی گسلها در RMS با دو روش انجام می گیرد. روش قدیمی مستلزم ساخت شبکه (Network) و انجام اصلاحات دستی فراوان بوده است. درحالیکه روش جدید مدل سازی گسلها دارای امکانات بیشتر بوده و به سهولت و توانایی بالاتر توسط نرم افزار قابل انجام است. مدل سازی گسلها در PETREL در مقایسه با RMS نسبتاً ساده بوده و نیاز به تنظیمات کمتری دارد. با این حال مراحل اتصال، امتداد و تعیین حدود، تعداد نودها و افزودن یا حذف پیلارها باید توسط کاربر انجام گیرد.

۳-۲-۲- مدلسازی چینه‌ای (Horizon Modeling):

مدلسازی چینه‌ای فرآیند محاسبه سایر افق‌های مخزنی براساس افق‌های تفسیر شده معین، داده‌های ضخامت (IsoChore)، اعماق ورود چاهها به افقها و مدل گسل ساخته شده می‌باشد. در مدلسازی چینه‌ای با تلفیق عناصر متعدد، مدل ساختمانی سایر لایه‌های مخزنی بدست می‌آید. ساخت افق های محاسبه شده با استفاده از نرم افزار RMS با دو روش قابل انجام است (شکل-۲). روش اول عبارت از مدل کردن چینه ای (Stratigraphic Modeling) و روش دوم استخراج افق ها پس از ساخت مدل ساختمانی پیشرفته است. در نرم افزار PETREL نقشه های سطوح محاسبه ای پس از تعیین ضخامت ایزوکورها براساس اعماق سرسازندها با استفاده از ماژول Make/Edit surface براحتی قابل انجام است. در بخش مدل نیز این افقها با استفاده از Make Horizon و Make zone جهت ادامه مدل سازی ساخته می شوند (اشکال-۳ و ۴). لازم به ذکر است که تعریف زونها و افق ها در نرم افزار RMS با استفاده از ماژول Stratigraphic framework انجام می شود. در حالیکه در PETREL در بخش Well tops در ذیل چینه شناسی (Stratigraphy) ساخته می شوند.



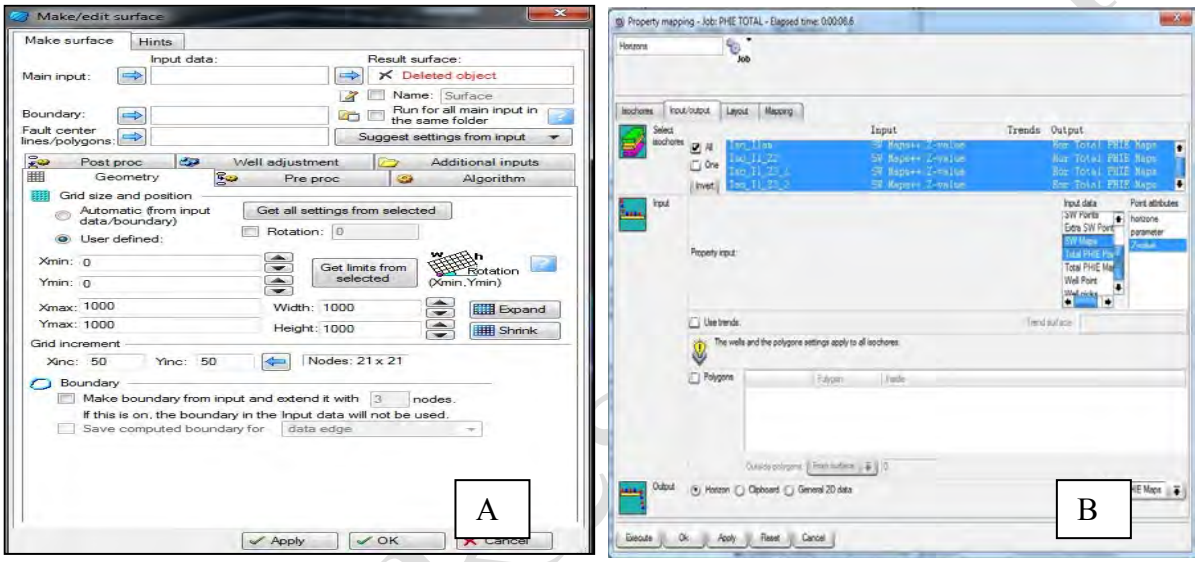
شکل-۲ دو روش ساخت افق های محاسبه شده با استفاده از نرم افزار RMS

www.SID.ir

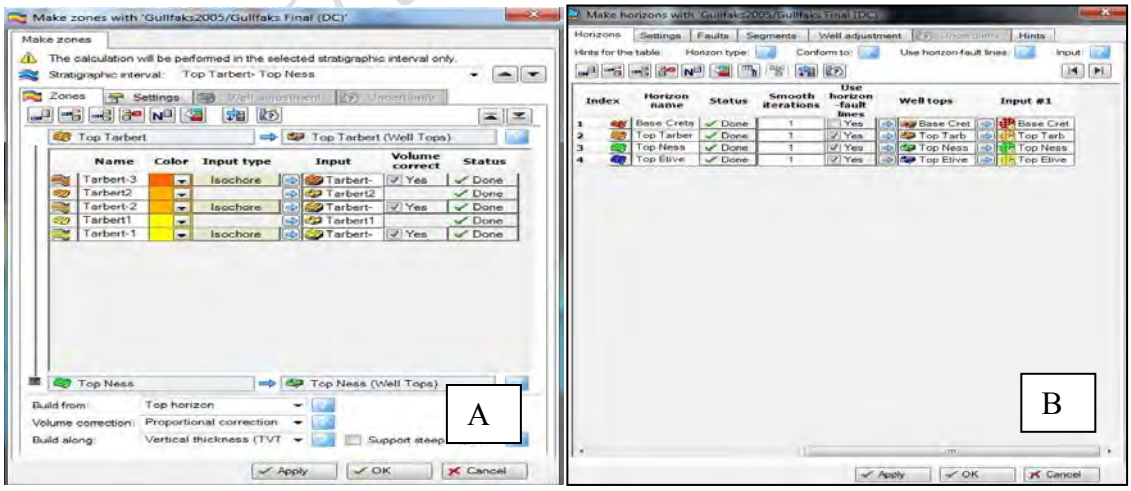
Archive of SID

۳-۲-۳- ساخت مدل ژئوسلولار سه بعدی (3D Grid):

شبکه ژئوسلولار زمین شناسی (Grid) در RMS پس از اتمام مدلسازی ساختمانی و ایجاد مدل گسلها و افق های زمین شناسی ایجاد می شود. در حالیکه در PETREL ایجاد شبکه بندی مخزن (Pillar Gridding) پس از ساخت مدل و قبل از ساخت افق ها و زون های مخزنی است. مدل شبکه سه‌بعدی زمین‌شناسی جهت ساخت مدل پارامترهای مخزنی و در نهایت انجام عملیات محاسبات حجمی مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین این شبکه‌بندی مبنای اصلی شبکه‌بندی مورد استفاده در ساخت مدل دینامیکی مخزن می‌باشد. لازم به ذکر است که دو روش برای ساخت شبکه‌بندی سه‌بعدی وجود دارد که شامل شبکه‌بندی براساس آرایش منظم و شبکه‌بندی براساس آرایش نامنظم است. حالت اول اکثراً برای مدلسازی زمین‌شناسی و حالت دوم در شبیه سازی مخزنی استفاده می شود. در هر دو نرم افزار تنظیمات مشابهی برای تعیین طول و عرض سلولها (Cell) و نوع شبکه بندی مدل ژئوسلولار سه بعدی در نظر گرفته شده است.



شکل-۳ نحوه تهیه نقشه های دوبعدی با استفاده از نرم افزارهای PETREL (A) و RMS (B)



شکل-۴ نحوه ساختن زونها (A) و افقها (B) توسط نرم افزار PETREL

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۲-۴- تعیین ضخامتهای چینه‌ای (TST) و عمودی(TVT) (Isochore Mapping):

در قسمت مدلسازی ساختمانی مخزن برای محاسبه نقشه هم‌ضخامت چینه‌ای (Isopach) و نقشه هم‌ضخامت عمودی (Isochore) از چند روش می توان استفاده نمود. یکی از روش‌های محاسبه این ضخامت‌ها از طریق نرم‌افزار مدلسازی زمین شناسی می‌باشد. در میدان‌هایی که زاویه شیب زیاد است معمولاً ضخامت‌های عمودی و چینه‌ای بطور دقیق با این روش محاسبه نمی‌گردند، در نتیجه استفاده از روش فاکتورهای تصحیح توصیه می‌شود. در RMS تهیه هرکدام از نقشه های ایزوکور، صفات پتروفیزیکی و افق ها ماژول جداگانه ای دارد ولی در PETREL همه این کارها با استفاده از یک ماژول به نام Make/Edit surface قابل انجام است.

۳-۲-۵- درشت‌نمایی نمودارهای چاه یا بلوکه کردن چاه ها:

پس از ساخت شبکه ژئوسلولار سه‌بعدی، عملیات درشت‌نمایی نمودارهای چاه به منظور توزیع داده‌ها و خواص پتروفیزیکی در این شبکه انجام شده و کیفیت داده‌های بزرگنمایی شده با داده‌های چاه‌ها کنترل می گردد. این عملیات در نرم افزار RMS چاههای بلوکه (Blocked Wells) و در PETREL عملیات Well Logs Upscaling نامیده می شود. در نرم افزار RMS ساخت یک نمودار ناپیوسته به نام زون لاگ (Zone Log) الزامی است که مبنای کنترل میزان درشت‌نمایی نمودارهای پتروفیزیکی می‌باشد. ساخت زون لاگ در نرم افزار PETREL الزامی نیست. لازم به ذکر است، روش میانیگن گیری داده ها بر حسب نوع داده ها متفاوت بوده و ممکن است روش ریاضی، هندسی یا مبتنی بر درصد فراوانی باشد.

۳-۲-۶- سطوح تماس نفت و آب و گاز (OWC-GWC):

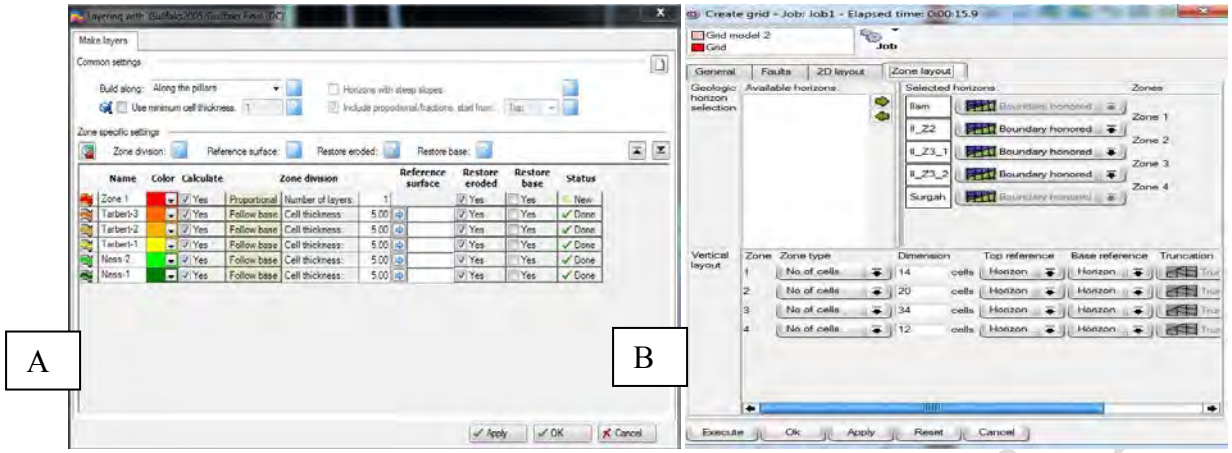
در RMS نیازی به مدل کردن سطوح تماس نفت و آب و گاز نیست، هرچند در صورت شیب دار بودن یا تغییرات سطوح تماس در نقاط مختلف میدان ساخت سطح تماس ضروری است. از اینرو به هنگام حجم سنجی مخزنی یک عدد عمقی ثابت یا یک سطح تماس مورد استفاده قرار می گیرد. در حالیکه در PETREL مدل کردن سطح تماس ها الزامی است (Defining Fluid Contacts). بعبارت دیگر در PETREL هر داده ای که در مدل مورد استفاده قرار می گیرد باید به پنل مدل منتقل شود و صرف وجود داده در بخش Input کافی نیست.

۳-۲-۷- لایه‌بندی (Layering):

جهت تعیین تعداد لایه‌های (Layers) هر زون در مدل ژئوسلولار زمین‌شناسی از روش‌های مختلفی استفاده می گردد تا بهترین حالت انتخاب گردد. در RMS تعداد لایه های هر زون در حین ساختن مدل ژئوسلولار واد می شود در حالیکه در PETREL پس از ساختن Pillar Gridding باید لایه بندی (Layering) انجام شود (شکل-۵). شایان ذکر است به منظور تعیین تعداد لایه ها برای هر زون می توان پس از درشت‌نمایی نمودارهای چاه، هیستوگرامهای توزیع آماری مربوط به داده های پتروفیزیکی اولیه و درشت نمایی شده از نظر میزان انحراف معیار (St Deviation) و میانگین داده ها (Mean) در بخش آنالیز داده ها (Data Analysis) مقایسه کرد تا بهترین عدد لایه برای هر زون مشخص گردد.

www.SID.ir

Archive of SID



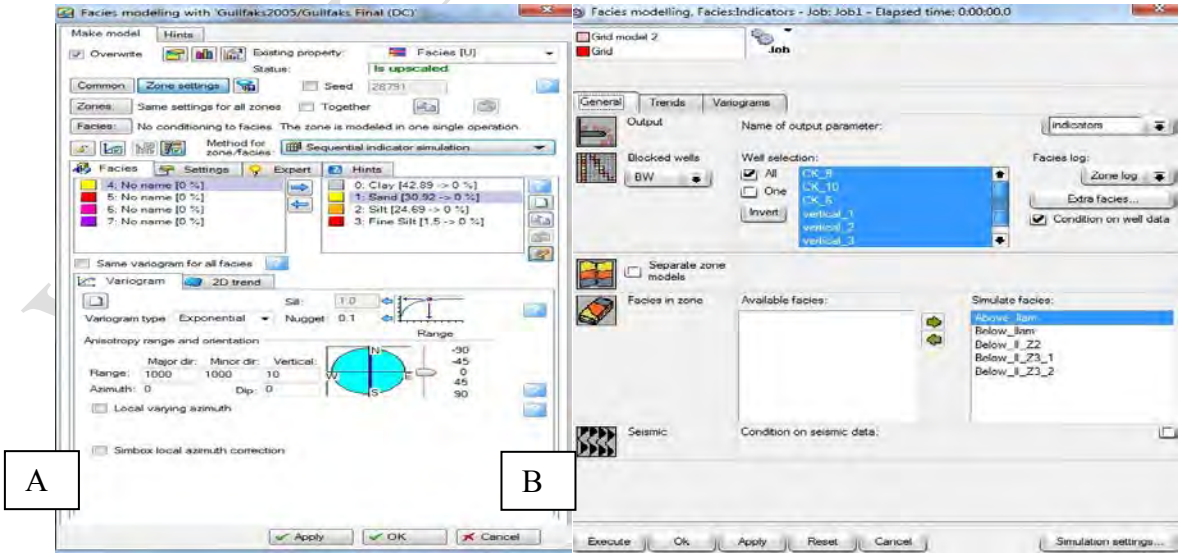
شکل-۵ نحوه تخصیص تعداد لایه های مخزنی زونها در نرم افزارهای PETREL (A) و RMS (B)

۳-۳ مدل سازی خواص مخزنی (Property Modeling):

پارامترهای مخزنی معمولاً بصورت ناپیوسته (Discrete) یا پیوسته (Continuous) هستند. مدل سازی پارامترهای مخزنی شامل خواص پتروفیزیکی و رخساره ای می باشد که برحسب شرایط با استفاده از الگوریتمهای مربوطه با یکی از دو روش زمین آماری قطعی (Deterministic) و تصادفی (Stochastic) در هر دو نرم افزار قابل انجام است.

۳-۳-۱- مدل سازی رخساره ای (Facies Modeling):

با توجه به تفاوت نوع رخساره ها در سیستم های کربناته و کلاستیک در نرم افزار RMS ماژول جداگانه ای برای هرکدام از آنها در نظر گرفته شده است، در حالیکه در PETREL فقط یک ماژول ولی با الگوریتم های مشابه در نظر گرفته شده است (شکل-۶).



شکل-۶ ماژول مدل سازی رخساره ای در نرم افزارهای PETREL (A) و RMS (B)

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۳-۲- مدل سازی پتروفیزیکی (Petrophysical Modeling):

مدلسازی پتروفیزیکی عبارت از توزیع تخمینی خواص پتروفیزیکی مخزن مانند تخلخل و تراوایی در کل میدان می‌باشد. در این مدل از روش‌های زمین‌آماری استفاده می شود و خواص مخزنی به هرکدام از سلولهای شبکه ژئوسلولار سه‌بعدی زمین‌شناسی تخصیص داده می شود. اگر چه هر دو نرم افزار دارای قابلیت های مشابهی برای توزیع خواص پتروفیزیکی می باشند، لکن در مبحث روش قطعی نرم افزار RMS دارای ماژول های متعدد اعم از استفاده از نقشه های روندی یا درون یابی علاوه بر روش تصادفی مرسوم می باشد.

۳-۳-۳- آنالیز داده ها (Data Analysis):

این بخش بسیار مهم در هر دو نرم افزار دارای قابلیت های مشابه اما با کمی تفاوت بالخصوص در مبحث حذف روندهای زمین شناسی و برخی مسایل مربوط به واریوگرافی می باشد که البته بدلیل گستردگی مباحث واریوگرافی و مفاهیم زمین آمار در این مجمل از آن صرف نظر می گردد.

۳-۳-۴- تولید پارامترهای پتروفیزیکی بصورت لاگ:

نرم افزار PETREL در قیاس با نرم افزار RMS قابلیت مشابهی در تولید انواع نمودارهای پتروفیزیکی مصنوعی براساس لاگهای موجود یا مدلهای ساخته شده دارد.

۳-۵- حجم سنجی مخزنی (Volumetric) و درشت نمایی مدل زمین شناسی:

محاسبات حجم سنجی با استفاده از پارامترهای مخزنی همچون نسبت ضریب حجمی نفت، سطح تماس آب و نفت، میزان ضخامت زون خالص به ناخالص و نهایتاً مدل تخلخل و اشباع شدگی و بر مبنای فرمولهای مربوطه صورت می گیرد که بدلیل یکسان بودن پارامترهای مورد استفاده و فرمول حجم سنجی نتایج یکسانی از مدل حاصل از دو نرم افزار حاصل می آید. پس از حجم سنجی مرحه درشت نمایی مدل زمین شناسی (Up scaling) جهت استفاده در شبیه سازی مخازن با تفاوت جزئی در هر دو نرم افزار انجام می گیرد.

۴- نتیجه گیری:

در این مطالعه مراحل ساخت مدل استاتیک و ماژول های مختلف دو نرم‌افزار زمین‌شناسی PETREL (۲۰۱۰) و RMS 9.0.7 بصورت اجمالی مورد مقایسه قرار گرفت. براساس این مطالعه، مراحل انجام مدلسازی توسط این دو نرم افزار تا حدی متفاوت بوده ولی منجر به نتیجه یکسان می شود. این تفاوتها از نحوه واردکردن داده ها گرفته تا مراحل مختلف مدل سازی قابل مشاهده هستند. در RMS همه فولدرهای لازم برای انجام مدل استاتیک بصورت پیش فرض تعبیه شده است، اما در PETREL بجز برخی فولدرها باید کاربر نسبت به ساخت فولدر مربوطه اقدام نماید. این تفاوتها در ترتیب انجام مراحل اجرایی، ماژول موجود در نرم افزار و اسامی آنها دیده می شود. بطور کلی، مراحل مدل سازی استاتیک در PETREL نسبت به RMS ساده تر بوده و برخی ماژولها حذف و برخی دیگر باهمدیگر ادغام شده اند. در مدل سازی خواص مخزنی، از الگوریتمها و روشهای زمین آماری مشابه استفاده شده و نهایتاً منجر به محاسبه میزان حجم سنجی یکسان می شود.

5- References:

Schlumberger, (2010), " petrel seismic to simulation software help manual "

Roxar, (2008) IRAP RMS- MAINTENANCE RELEASE- RMS USER GUIDE

www.SID.ir