

آموزش گام به گام نرم افزار PIPESIM

شبیه‌سازی جریان پایدار سیالات در لوله‌ها و چاه‌های نفت و گاز

مهندس امین تقوی نژاد

به سرپرستی: مهندس نوید میرجردوی

تقدیم بہ

آموزگار ان مکتب عشق

پدر و مادر

مقدمه‌ی مؤلف

با گسترش بیش از پیش کاربردهای نرم‌افزارهای رایانه‌ای در علوم، خصوصاً علوم فنی و مهندسی، دایره توانایی‌های نیروهای انسانی علوم و صنایع مختلف نیز ناگزیر به رشد به همراه این انقلاب علمی-صنعتی می‌باشد. صنایع نفت و گاز نیز که از پیش ارتباط تنگاتنگی با دنیای علم و فناوری داشته است از این قاعده مستثنی نبوده و هر ساله سهم زیادی از بودجه‌ی شرکت‌های بزرگ نفت و گاز صرف امور علمی، به جهت ارتقاء کیفیت نیروهای انسانی‌شان، می‌شود. امروزه، این مهم در هر دو صنایع بالادستی و پایین‌دستی نفت و گاز لازم‌الاجراست.

کتاب پیش‌رو، با هدف آموزش گام به گام نرم‌افزار PIPESIM به منظور استفاده در صنایع بالادستی (و تا حدی پایین‌دستی) نفت و گاز ارائه گردیده است. این نرم‌افزار که از محصولات شرکت بزرگ خدمات نفتی Schlumberger بوده به دلیل مبتنی بودن بر پایه‌ی علوم مکانیک سیالات (خصوصاً روابط تجربی و نیمه تجربی جریان دو و چند فازی سیالات) در خطوط لوله انتقال نفت و یا گاز از یک سو، و معادلات حاکم بر جریان سیال تولیدی از مخازن زیرزمینی هیدروکربوری از سوی دیگر، از نرم‌افزارهای پایه‌ای و کاربردی علوم مهندسی نفت و مهندسی شیمی تلقی می‌شود.

از مهم‌ترین ویژگی‌های کتاب حاضر، فصل‌بندی متناسب با سطوح علمی پایه تا پیشرفته مهندسی است. بدین صورت که پس از آشنایی با کلیات PIPESIM در فصل اول، مطالب ارائه شده در فصول ۲ و ۳ به منظور آشنایی خوانندگان کتاب به ترتیب با مبانی مکانیک سیالات دوفازی و مبانی مهندسی نفت تدوین گردیده است. مباحث اصلی شبیه‌سازی جریان سیالات در لوله و چاه در فصل‌های ۴ تا ۷ گردآوری شده است. لازم به ذکر است که در متن هر فصل از فصل‌های مربوطه مثال‌های آموزشی مناسب طراحی و ارائه گردیده‌اند.

در پایان از مهندس میلاد مقصودی و مهندس نوید میرجردوی و دیگر دوستانی که در تألیف این اثر با مؤلف همراهی داشتند، تشکر ویژه به عمل می‌آید. همچنین از اساتید، مهندسين و دانش‌پژوهانی که انتقاد، پیشنهاد و یا ویرایشی برای کتاب حاضر در دست دارند تقاضا می‌شود با پست الکترونیکی اینجانب به آدرس زیر در تماس باشند:

امین تقوی نژاد - ۱۳۹۶

فهرست

۵.....	فصل اول
۱۷.....	فصل دوم
۲۶.....	فصل سوم
۴۶.....	فصل چهارم
۱۱۳.....	فصل پنجم
۱۷۶.....	فصل ششم
۲۲۶.....	فصل هفتم
۲۷۱.....	فصل هشتم
۲۸۷.....	منابع و مآخذ

فصل اول

مقدمات کار با PIPESIM

هدف از ارائه‌ی این فصل آشنایی کلی با محیط نرم‌افزار و روش حل مسائل در نرم‌افزار PIPESIM می‌باشد.

۱-۱- آشنایی کلی با نرم‌افزار

نرم‌افزار PIPESIM برای اولین بار در سال ۱۹۸۴ و تحت Unix گسترش یافت. با به روز رسانی نو به نو و محبوبیت صنعتی آن، از سال ۲۰۰۱ توسط شرکت شلمبرژر خریداری شد و مورد عرضه گسترده قرار گرفت.

PIPESIM وظیفه شبیه‌سازی جریان چندفازی سیالات در شرایط پایدار^۱ از چاه به بعد (خطوط لوله انتقال، تفکیک‌گرها، پالایشگاه و...) را داراست. این نرم‌افزار با دارا بودن مدل‌های مختلف جریانی تولید از مخازن زیرزمینی و روابط تجربی و نیمه تجربی^۳ جریان چندفازی در خطوط لوله شبیه‌سازی جریان را به خوبی مدل می‌کند.

۱-۱-۱- شبیه‌سازی و مدل‌سازی مهندسی

شبیه‌سازی و مدل‌سازی دو تعریف عمده و بسیار مهم در محاسبات مهندسی هستند. در این جا به بررسی دقیق این دو تعریف می‌پردازیم.

مدل‌سازی: بیان یک عملیات فیزیکی در غالب روابط و معادلات ریاضی مناسب

شبیه‌سازی: حل معادلات مدل (برحسب زمان) و به‌دست آوردن خروجی فرآیند انجام شده در عملیات مدل‌سازی شده به نوعی می‌توان گفت که مدل بیان‌گر سیستم و شبیه‌سازی بیان‌گر عملیات انجام شده در سیستم در طی زمان است. وظیفه اصلی PIPESIM همین شبیه‌سازی توسط مدل‌های مناسب ارائه شده است، حال آن‌که شبیه‌سازی انجام شده در PIPESIM مربوط به جریان سیالات است و همچنین این فرمول کلی می‌تواند در سایر پدیده‌های فیزیکی نیز نقش‌آفرین باشد.

۱-۱-۲- قسمت‌های مختلف نرم‌افزار

^۱Schlumberger
^۲Steady State
^۳Correlation
^۴Modules

هر قسمت یا ماژول از نرم‌افزار به منظور انجام وظیفه مشخصی طراحی گردیده است. PIPESIM دارای شش ماژول اصلی می باشد که سه ماژول اول پایه‌ای بوده (به عنوان PIPESIM شناخته می‌شوند) و سه ماژول دیگر تخصصی تر می‌باشند و هریک به عنوان نرم‌افزاری مستقل به کار گرفته می‌شوند (GOAL, FPT و HoSim).

شش ماژول اصلی نرم‌افزار به شرح زیر می‌باشند؛

- ۱- خطوط لوله و تسهیلات (Pipeline & Facilities)
- ۲- آنالیز عمل کرد چاه (Well Performance Analysis)
- ۳- آنالیز شبکه (Network Analysis)
- ۴- بهینه‌سازی تولید (Production Optimization (GOAL))
- ۵- برنامه‌ریزی میدان (Field Planning (FPT))
- ۶- طراحی‌های چندشاخه‌ای (Multi-lateral Design (HoSim))

لازم به ذکر است که در به روز رسانی‌های جدید PIPESIM نیز ماژول‌های اصلی همین شش ماژول بوده و دیگر امکانات اضافه شده نقش حاشیه‌ای در شبیه‌سازی جریان سیالات را دارند و این کتاب به منظور آموزش ماژول‌های پایه ۱، ۲ و ۳ (PIPESIM) طراحی شده است. همچنین آموزش‌ها و حل مثال‌ها و تمرین‌ها در این کتاب بر مبنای نسخه ۲۰۱۱، ۱، ۲ PIPESIM می‌باشند که فایل "exe" و آموزش نصب آن در DVD همراه کتاب موجود است.

۱-۱-۲-۱- خطوط لوله و تسهیلات

در این ماژول شبیه‌سازی جریان سیالات در خطوط لوله انتقال و تمام ابزارهای مورد نیاز برای انتقال سیالات هیدروکربنی مثل پمپ‌ها، کمپرسورها، شیرها و... صورت می‌گیرد. علاوه بر این ایجاد پروفایل‌های فشار و دما، محاسبات ضرایب انتقال حرارت و مدل‌سازی عملکرد خطوط جریانی و تجهیزات (آنالیز سیستم) از ویژگی‌های مهم این ماژول به حساب می‌آیند.

۱-۱-۲-۲- آنالیز عمل کرد چاه

این ماژول از PIPESIM به بررسی انواع چاه‌های تولیدی و تزریقی به صورت عمودی، افقی و یا انحرافی می‌پردازد. همچنین از قابلیت‌های مهم این قسمت از نرم‌افزار "تحلیل گرهی و سیستمی"^۳ می‌باشد. مهم‌ترین کاربردهای این ماژول، طراحی چاه، مدل‌سازی عمل کرد درون چاهی^۴، طراحی عملیات فراآوری مصنوعی و بررسی جریان در لوله مغزی^۵ و فضای حلقوی^۶ می‌باشد.

^۳Nodal & System Analysis

^۴Well inflow performance modeling

^۵Tubing

^۶Annular

۳-۱-۱- آنالیز شبکه

به منظور شبیه‌سازی یک بخش یا کل یک شبکه جمع‌آوری، تولید و یا توزیع سیالات هیدروکربنی از این ماژول استفاده می‌شود. به عنوان مثال شبیه‌سازی تولید چندین چاه از یک میدان یا خطوط لوله گازی که از پالایشگاه منشعب می‌شوند، توسط طراحی و آنالیز شبکه در PIPESIM انجام می‌شوند.

توجه شود که به ماژول اول و دوم، ماژول تک شاخه اطلاق می‌شود، این در حالی است که ماژول سوم تحت عنوان شبکه شناخته می‌شود.

۴-۱-۲- بهینه‌سازی تولید

این ماژول (ماژول GOAL) به بهینه‌سازی میداین نفتی تحت فراآوری مصنوعی ادر محدودیت‌های عملیاتی مختلف می‌پردازد. اساس کار این بخش پیش‌بینی میزان بهینه فراآوری مصنوعی (فراآوری با گاز یا پمپ‌های ESP) به منظور بینه نمودن تولید نفت از تمامی میدان است.

۵-۱-۲- برنامه‌ریزی میدان

ماژول برنامه‌ریزی میدان یا FPT، وظیفه یکپارچه سازی ماژول شبکه با مدل مخزن، به جهت مدل نمودن رفتار مخزن با زمان، را بر عهده دارد. همچنین، این ماژول قابل ارتباط با شبیه‌سازهای تجاری مخارن هیدروکربوری (همانند ECLIPSE) می‌باشد. کما اینکه خود قادر به مدل نمودن سیال مخزن (به روش های ساده) می‌باشد.

۶-۱-۲- طراحی های چندشاخه‌ای

آخرین ماژول، HoSim، با هدف مدل‌سازی دقیق چاه‌های چندشاخه و افقی ناهمگن طراحی گردیده است. نرم‌افزار از یک الگوریتم حل دقیق شبکه‌ای، همانند شبکه‌های جمع‌آوری، در چاه‌های چندشاخه و افقی استفاده می‌کند.

۲-۱- شروع کار با PIPESIM

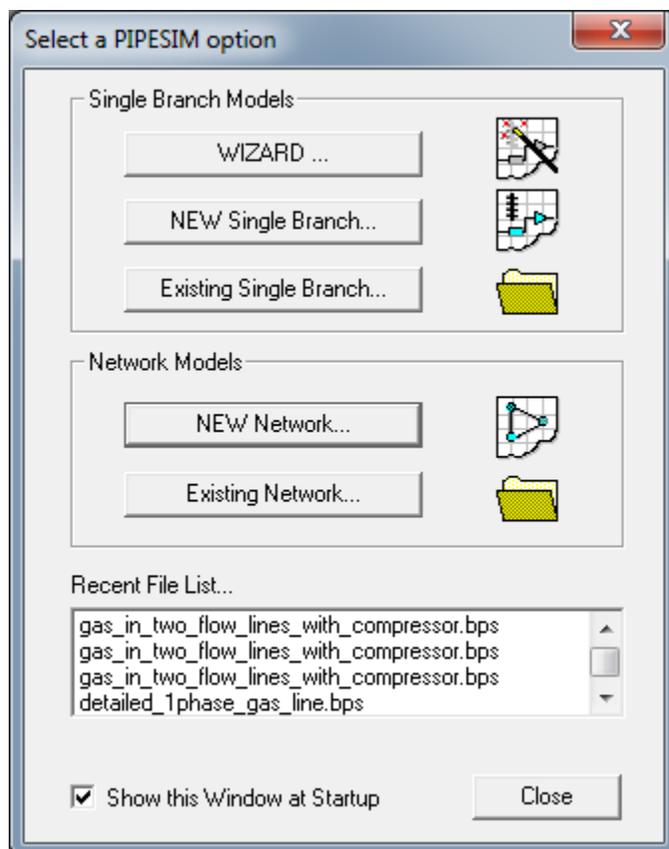
با اجرای PIPESIM (از منوی Start، یا Icon موجود در صفحه Desktop) پنجره‌ای تحت عنوان "Tip of the Day" ظاهر شده و یک نکته از ترفندهای PIPESIM نمایش داده می‌شود که با کلیک بر "Next Tip" نکته بعدی ظاهر شده و با کلیک بر

^۴Single Branch Module

^۱Network

^۱Artificial Lift

”Close“ این پنجره بسته می‌شود. پس از بسته شدن پنجره ”Tip of the Day“، پنجره‌ای مطابق با شکل ۱-۱ بالا آمده و انواع مختلفی از پروژه‌های PIPESIM به کمک این پنجره قابل اجراست. در مثال‌های اولیه و برای شروع کار با نرم‌افزار، پروژه را به صورت ”New Single Branch“ ایجاد می‌کنیم.



شکل ۱-۱ - پنجره تعیین نوع ماژول به منظور ایجاد پروژه

۱-۳-۱- روش کلی حل مسائل در PIPESIM

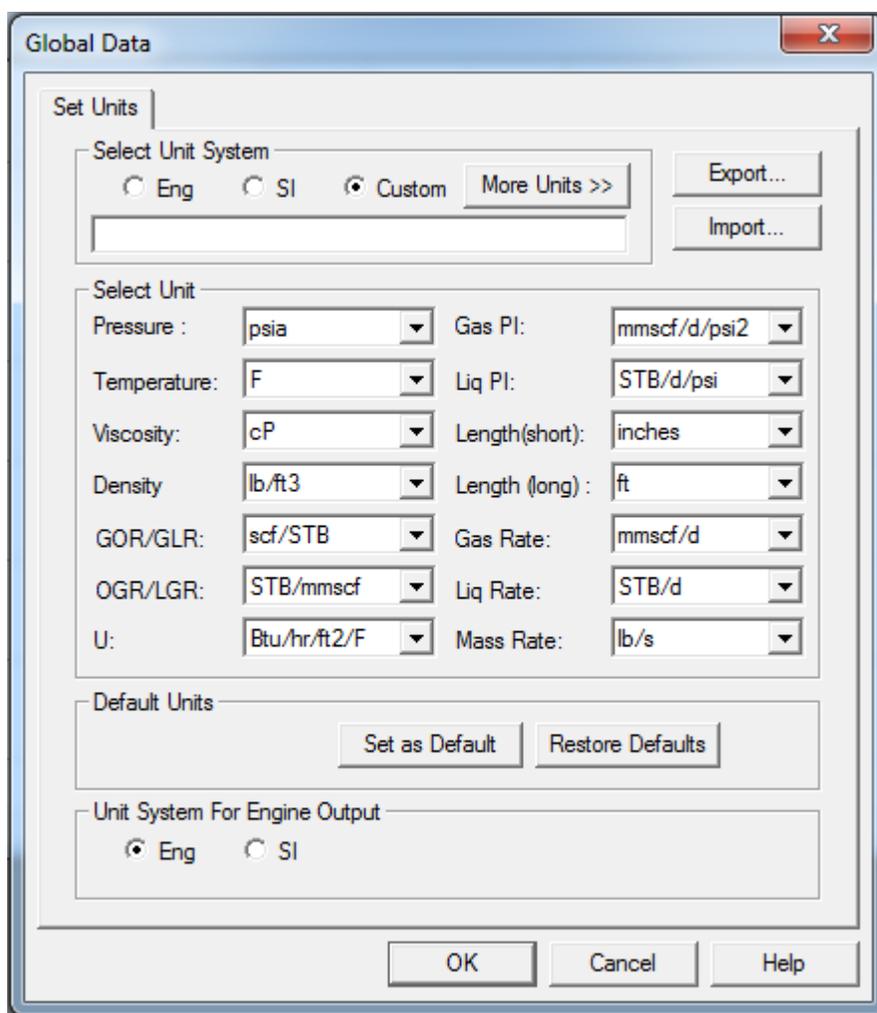
در این بخش به بررسی کلی گام‌های حل مسائل در نرم‌افزار می‌پردازیم. به منظور شبیه‌سازی کامل و بررسی فایل گزارش، آدر هر یک از ماژول‌ها، می‌بایست ۷ گام زیر را دنبال کنیم.

۱-۳-۱-۱- تعیین سیستم یکاها

به منظور تعیین سیستم یکاها برای وارد کردن داده ها، گزینه “Units” از قسمت “Setup” ← “Units” را باز کرده تا پنجره‌ای همانند شکل ۱-۲ ظاهر شود. متناسب با مسئله پیش رو یکی از سیستم‌های “Eng” (سیستم مهندسی در میداین نفتی) یا “SI” را انتخاب می‌کنیم.

توجه ۱: این قسمت به نوعی اختیاری بوده و در صورت اعمال تغییرات یا عدم آن، سیستم داده ورودی در هر یک از بخش های نرم افزار قابل تغییر و ویرایش می‌باشد.

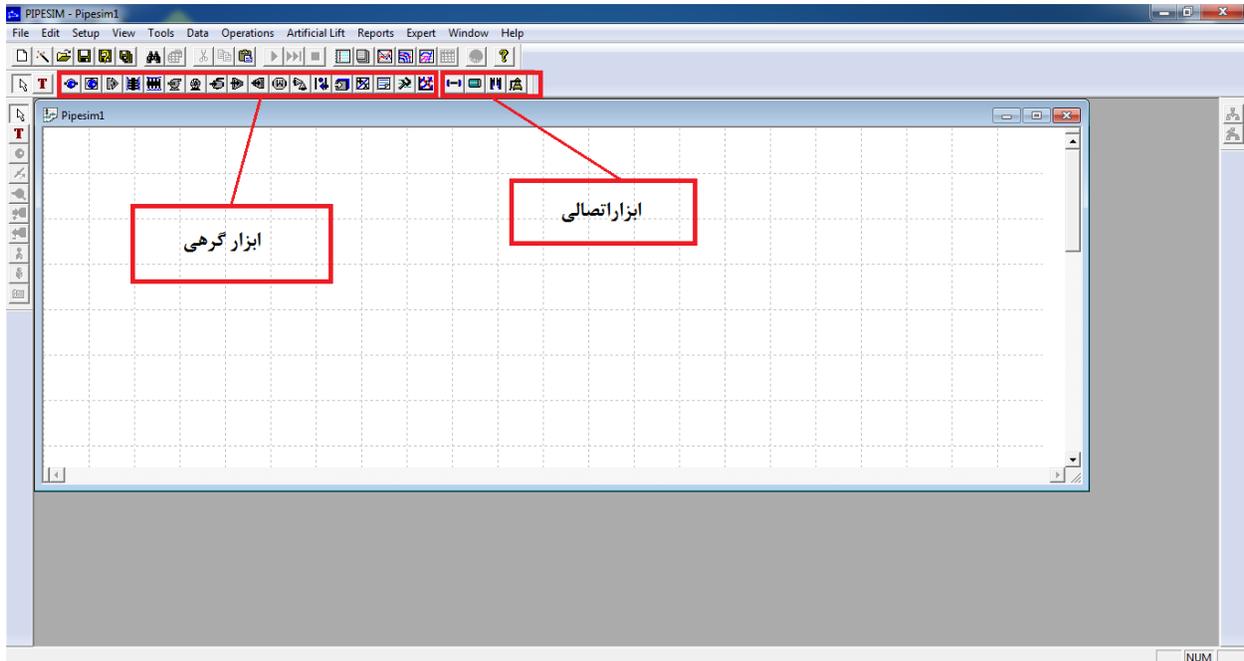
توجه ۲: در صورتی که از گزینه “Custom” در این بخش انتخاب گردد، می‌توان یک سیستم واحدی سفارشی طراحی نمود که قابلیت ذخیره شدن را نیز دارد. ذخیره شدن آن توسط گزینه “Export” و استفاده از آن توسط گزینه “Import” صورت می‌گیرد.



شکل ۱-۲ - پنجره تنظیم سیستم یکاها

۲-۳-۱- تعیین ابزارها و مقداردهی پارامترهای ورودی آنها

ابزارها در ماژول تک شاخه‌ی PIPESIM به دو دسته گرهی^۲ و اتصالی^۴ تقسیم می‌شوند. ابزارهای گرهی همانند منبع جریان^{۱۵} یا ابزارهایی فیزیکی هم‌چون پمپ، مبدل حرارتی و ... ابزارهای اتصالی هم شامل لوله‌ها، چاه‌ها و دیگر موارد می‌شود. ابزارهای گرهی خود به دو دسته گره مرزی^۶ و گره داخلی^۷ تقسیم بندی می‌گردند. به گره مرزی تنها یک اتصال راه دارد ولی به گره داخلی با توجه به ماژول در حال اجرا دو یا چند ابزار اتصالی می‌تواند وصل شوند.



شکل ۳-۱- موقعیت ابزارهای مختلف در صفحه اصلی ماژول تک شاخه

برای تعریف هر یک از ابزارها کافی است آن را مطابق شکل ۳-۱ از منوی مربوطه با یک کلیک انتخاب کرده و سپس با کلیک بر صفحه اصلی مدل (صفحه شطرنجی شکل ۳-۱) آن را مشاهده کنیم. ابزارهای مربوط به هر سه ماژول بررسی شده در این کتاب به تفصیل در فصل چهارم بررسی خواهند شد.

۳-۳-۱- تعریف مدل سیال

- Node
- Linking
- Source
- Boundary Node
- Internal Node