

طراحی و شبیه‌سازی  
فرآیندهای مهندسی شیمی با نرم‌افزار

# ProMax

---

دکتر رضا مسیبه بهبانی

عرفان باغانی

رضا روزبهانی



آییز

## مقدمه

امروزه استفاده از کامپیوتر و انجام محاسبات فرآیندی به کمک نرم افزارها گسترش چشمگیری یافته است به طوری که استفاده از آن‌ها، مزایای متعددی به دنبال دارد. از طرفی مهندسين فرایندها همواره به دنبال ارزیابی صحیح و هرچه دقیق تر فرایند خود هستند که بتوانند ضمن پیش بینی آن، شرایط را به حالت بهینه نزدیک کنند. همچنین، کنترل فرایندها نیز مبتنی بر شناخت آن‌ها است. نرم افزار شبیه سازی PROMAX در حال حاضر یکی از بهترین و قوی ترین نرم افزارهای موجود برای شبیه سازی فرایندهای شیمیایی و پالایشگاهی به حساب می آید. از قابلیت های ویژه این نرم افزار می توان به بانک غنی مواد آن و بسته های ترمودینامیکی، مدل های آماده برای حل راکتورها و برج های پیچیده که برای فرایندهای شیرین سازی و بازیافت گوگرد به طور ویژه طراحی شده، اشاره کرد. نرم افزار PROMAX دارای ویژگی منحصر به فردی در زمینه معادلات ترمودینامیکی ویژه فرایندهای شیرین سازی و پالایشگاهی است. امکانات ویژه این نرم افزار برای فرایندهای شیرین سازی گاز، آن را متمایز و منحصر به فرد کرده است. امروزه شبیه سازیهای عملیاتی، ابزاری کارآمد برای شبیه سازی عملیات شیمیایی در سطوح مختلف است که به منظور افزایش سرعت عمل، دقت، افزایش بهره وری و بهینه سازی و... مورد استفاده قرار می گیرند. لذا آموزش این موضوع برای مهندسين شیمی از اهمیت زیادی برخوردار است که در این کتاب، نرم افزار PROMAX را که توانایی شبیه سازی پروژه هایی در مقیاس بزرگ در صنعت نفت، گاز، پتروشیمی، داروسازی و... را دارد، به جامعه مهندسين کشور معرفی می نمایم. در این نرم افزار، مجموعه ای کامل از داده های کتابخانه ای در دسترس است که موجب می گردد این نرم افزار مدل سازی واقعی را ارائه دهد. از دیگر قابلیت های کلیدی این نرم افزار می توان به: شبیه سازی جداگانه سیستم ها و تلفیق آن ها با یکدیگر، امکان ویرایش، قابلیت پیش بینی عملیات های مورد انجام و... اشاره کرد. این نرم افزار به مهندسان و طراحان کمک می کند تا محاسبات طولانی را با روشی آسان در زمان کمتر انجام دهند. با PROMAX می توان شرایط عملیاتی کارخانه را به سرعت بهبود بخشید و نیز از درستی کارکرد دستگاه ها اطمینان حاصل کرد. یکی از بهترین روش های مطالعه فرایندهای شیمیایی، شبیه سازی آن ها است که عموماً شبیه سازی ها با نرم افزارهای کامپیوتری اجرا می شوند. نرم افزار PROMAX یکی از جامع ترین نرم افزارهای موجود در زمینه شبیه سازی فرایندهای شیمیایی است چرا که بانک اطلاعاتی بسیار قوی از ترکیبات، خواص و مدل های فرآیندی در اختیار دارد و عملاً یک مهندس با استفاده از این ابزار کامپیوتری به راحتی می تواند فرایندهای شیمیایی را شبیه سازی و مطالعه نماید. پرومکس یک پکیج نرم افزاری شبیه سازی فرایند بسیار قدرتمند و همه کاره است که

به طور گسترده در سطح دنیا توسط مهندسان جهت طراحی و بهینه‌سازی تأسیسات پالایشگاهی و شیمیایی به کار می‌رود. این نرم‌افزار قادر به شبیه‌سازی تأسیسات سرچاهی و بالادستی از جمله واحد بهره‌برداری، واحدهای جمع‌آوری و تراکم گاز، خطوط فلر و خطوط ونت، واحدهای جلوگیری از تشکیل هیدرات، واحدهای تصفیه گازهای اسیدی و راه‌حل‌هایی جهت مسائل زیست‌محیطی است. همچنین نرم‌افزار پروماکس با دقت فوق‌العاده و توانایی در انجام مهندسی جزئیاتی (detailed engineering) قدرتمندترین نرم‌افزارهای شبیه‌سازی فرایند را به چالش می‌کشد. با توجه به توانایی‌های عالی این نرم‌افزار و کمتر شناخته شدن آن توسط مهندسين، بر آن شدیم تا مجموعه‌ای کامل جهت آموزش این نرم‌افزار را گردآوری نماییم. کتاب حاضر پا را از شبیه‌سازی فرایند فراتر گذاشته و در واقع یک پکیج طراحی، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی فرایند است. این کتاب حوزه‌های گسترده‌ای از جمله طراحی واحدهای شیرین‌سازی گاز، طراحی فرایندی و سایزینگ و بهینه‌سازی برج‌های تقطیر، طراحی و بهینه‌سازی واحد تولید متانول، طراحی مبدل‌های حرارتی، طراحی واحدهای سرمایش و تنظیم نقطه شبنم و بسیاری از فرایندهای دیگر را پوشش می‌دهد.

در فصل اول کتاب مقدمه‌ای بر شبیه‌سازی توسط نرم‌افزار آورده شده، در فصل دوم مدل‌های ترمودینامیکی مورد بحث قرار گرفته است. در فصل سوم جریان‌های ورودی و خروجی و خصوصیات آن‌ها برای شبیه‌سازی و مقادیر ترمودینامیکی را مورد بررسی قرار می‌دهیم، در فصل چهارم در مورد مبدل‌های حرارتی و بحث انتقال حرارت صحبت می‌شود. در فصل پنجم نیز در مورد تجهیزات جداسازی مانند برج تقطیر توضیحات کامل داده شده است. در فصل ششم به یکی از مباحث بسیار مهم و کاربردی در صنایع گاز می‌پردازیم با عنوان شیرین‌سازی گاز طبیعی. در فصل هفتم طراحی برج تقطیر و مباحث بهینه‌سازی توضیح داده می‌شود. در فصل هشتم به مبحث راکتورها و به تنوع شبیه‌سازی یک واحد پتروشیمی تولید متانول را انجام دهیم. در فصل نهم در مورد سیکل‌های تبرید صحبت گردیده است، در فصل دهم در مورد سایزینگ مبدل‌های حرارتی مباحثی مطرح گردیده است و در آخر فصل یازدهم با کاربرد قسمت analysis در نرم‌افزار PROMAX آشنا خواهیم شد و خواهیم دانست که این ابزار سودمند چه کمک‌هایی به ما می‌کند.

انشاء... این کتاب ارزشمند که دستاورد تلاش و کوشش بی‌وقفه مولفان بوده است مورد استفاده مهندسان عزیز در عرصه‌های مختلف علمی به خصوص صنایع نفت و گاز قرار گیرد.

رضا مسیبه بهبانی

عرفان باغانی

رضا روزبهرانی

## فهرست

۱	فصل ۱ مقدمه	۱
۱	اهداف کتاب	۱
۲	مدل سازی فرایندهای شیمیایی	۲
۲	شبیه سازی فرایندهای شیمیایی	۲
۲	اجزاء اصلی یک شبیه ساز فرایندهای شیمیایی	۲
۳	مزایای شبیه سازی به کمک کامپیوتر	۳
۳	معیارها و ضوابط یک برنامه خوب شبیه سازی	۳
۴	توانایی ها و امکانات نرم افزار PROMAX	۴
۵	فصل ۲ آشنایی با روابط ترمودینامیکی نرم افزار PROMAX	۵
۵	مقدمه	۵
۵	مدل های ترمودینامیکی	۵
۷	انتخاب مدل ترمودینامیکی مناسب	۷
۱۳	فصل ۳ جریان مواد، انرژی و خصوصیات ترمودینامیکی	۱۳
۱۳	مقدمه	۱۳
۱۳	فضای پایه شبیه سازی	۱۳
۱۴	انتخاب مواد از لیست موجود	۱۴
۱۹	ورود به محیط شبیه سازی	۱۹
۲۱	وارد کردن ترکیب درصد در محیط شبیه ساز	۲۱
۲۲	جریان مواد	۲۲
۲۳	جریان انرژی	۲۳
۳۳	فصل ۴ تجهیزات حرارتی و انتقال سیال	۳۳
۳۳	شبیه ساز تجهیزات انتقال سیال	۳۳
۳۳	پمپ	۳۳

۳۷	..... کمپرسور
۳۸	..... توربین
۴۸	..... شبیه‌سازی تجهیزات خطوط لوله
۴۸	..... مخلوط‌کن
۴۹	..... تقسیم‌کننده‌ی جریان
۴۹	..... شیر
۵۱	..... لوله
۶۹	..... شبیه‌سازی تجهیزات انتقال حرارت
۷۰	..... مبدل حرارتی
۷۱	..... اجزاء مبدل حرارتی
۷۲	..... مدل‌های حل برای مبدل حرارتی
۷۴	..... مبدل حرارتی چندجریانه (LNG)
۸۵	..... فصل ۵ تجهیزات جداسازی
۸۵	..... مقدمه
۸۵	..... جداکننده‌ی دوفازی، سه‌فازی و تانک
۹۱	..... برج میان‌بر
۹۱	..... برج تقطیر
۹۹	..... انواع برج تقطیر
۱۰۹	..... فصل ۶ طراحی و شبیه‌سازی واحد شیرین‌سازی گاز با MDEA
۱۴۳	..... فصل ۷ طراحی و شبیه‌سازی برج‌های تقطیر
۱۸۱	..... فصل ۸ شبیه‌سازی راکتور و طراحی واحد تولید متانول
۱	..... اهداف کتاب
۲	..... مدل‌سازی فرایندهای شیمیایی
۲	..... شبیه‌سازی فرایندهای شیمیایی
۴	..... توانایی‌ها و امکانات نرم‌افزار PROMAX