

طراحی و شبیه‌سازی

پررزه‌های مهندسی مواد با

COMSOL

مهندسی‌یار

مولفان

مهندس بهروز باقری

دکتر محمود عباسی
(هیات علمی دانشگاه کاشان)



نشر دانشگاهی کیان
Kian Publication

سرشناسه

عنوان و نام پدیدآور

مشخصات نشر

مشخصات ظاهری

فروست

شابک

وضعیت فهرست نویسی

موضوع

موضوع

رده بندی کنگره

رده بندی دیویی

شماره کتابشناسی ملی

باقری، بهروز، ۱۳۶۳.

طراحی و شبیه سازی پروژه های مهندسی مواد با COMSOL / مولفان بهروز باقری، محمود عباسی.

تهران: انتشارات دانشگاهی کیان، ۱۳۹۶.

۸۰۷ص: مصور، جدول.

مهندس یار.

۹۷۸-۶۰۰-۳۰۷-۱۳۵-۳

فیفا

مهندسی مواد - داده پردازی.

نرم افزار کامسول مالتی فیزیکس.

۱۳۹۵ ط ۴ پ/ ۲۳/ ۲۰۲۳ TA.

۶۲۰/۱۱۰۲۸۵

۳۲۱۷۹۳۶



نشریات دانشگاهی کیان
Kian Publication

انتشارات دانشگاهی کیان

نام کتاب : طراحی و شبیه سازی پروژه های مهندسی مواد با COMSOL

مولفان : بهروز باقری و محمود عباسی

ناظر فنی : پیمان عمرانی

ویراستار : لیلا رفیعی

گروه تولید : علی محمودی و فاطمه علی اکبری

صفحه آرا : مرضیه امانت

طراح جلد : شیلان هوشیاری

چاپ اول : ۱۳۹۶

تیراژ : ۵۰۰

چاپ : ستاره سبز

صحافی : نمونه

قیمت : ۵۷۵۰۰ تومان (به همراه DVD هدیه)

شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۳۰۷-۱۳۵-۳



خرید اینترنتی آسان از:

www.kianpub.com

بر اساس قانون حقوق مولفان و مصنفان، کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب به طور انحصاری به نشر دانشگاهی کیان تعلق دارد و هرگونه استفاده و برداشت از محتوای این اثر به هر شکلی اعم از چاپ، کپی، اسکن، لوح فشرده، نشر الکترونیک و اینترنتی یا به صورت هرگونه فایل رایانه ای، بدون مجوز رسمی ناشر ممنوع و حرام شرعی است و پیگرد قانونی دارد.



kianpublication

برای دریافت اخبار و اطلاعات
مفید و شرکت در قرعه کشی، ما
را در این شبکه ها دنبال کنید.

چرا کامسول؟

استفاده از نرم‌افزار قدرتمند COMSOL، به شکل چشمگیری میان دانشجویان، علاقه‌مندان و متخصصان شبیه‌سازی رو به افزایش است. این شبیه‌ساز که قادر به تحلیل مسایل متنوع حوزه‌های مختلفی از فنی و مهندسی گرفته تا علوم پایه و محض است، علاوه بر امکانات رایج سایر نرم‌افزارهای شبیه‌سازی بر پایه المان محدود، مانند کاربری آسان، امکانات درون‌برنامه‌ای، گرافیک قدرتمند، پشتیبانی از فایل‌های مدل متنوع ورودی و نیز امکان مدل‌سازی تحلیل در یک، دو و سه بعد در شرایط پایدار و حتی تحلیل دینامیک (وابسته به زمان)، مزایای بسیار ارزشمند و ویژه‌ای نیز در دسترس کاربر قرار می‌دهد:

❖ **کامسول یک نرم‌افزار تخصصی میان‌رشته‌ای است.** بسیاری از مسایل و مدل‌های مورد مطالعه تنها با یک حوزه بود و مربوط نمی‌شوند و تجزیه و تحلیل آنها نیازمند بررسی ابعاد مختلف، به‌طور مثال در شبیه‌سازی یک سیستم مکانیکی که از الکتریسیته به عنوان منبع انرژی استفاده می‌کند، هر دو حوزه مکانیک و برق در حل مساله و درک شرایط آن دخیل و محدود و آید. نحو مطلوب در تجزیه و تحلیل منظور شوند. کامسول از ماژول‌های بسیر منوعی شامل حوزه‌های برق، فیزیک، شیمی، مکانیک، عمران، پزشکی و زیرمجموعه‌های آنها، رای تحلیل انواع مسایل بهره می‌گیرد که ابتدا مساله بر مبنای این ماژول‌ها تعریف و مدل‌سازی شود و سپس با برقراری ارتباط صحیح میان این ماژول‌ها و اعمال شرایط مرزی و اولیه مناسب، تحلیل جامع و دقیقی از مساله انجام می‌شود.

❖ **کامسول، چندفیزیکی است.** همان‌طور که گفته شد، این نرم‌افزار قادر به تحلیل مساله براساس تعریف ماژول‌های مختلف است. این ویژگی سبب می‌شود که بدان فیزیک‌های مختلف را با استفاده از رابط‌های فیزیکی در یک مدل کامسول تعریف کرد. به‌طور مثال می‌توان برای یک مساله، به‌طور همزمان شرایط انتقال حرارت، الکتریسیته و سیالات را با استفاده از رابط‌های فیزیکی مربوطه، تعریف کرد. با استفاده از این خاصیت چندفیزیکی (Multiphysics) این نرم‌افزار قادر به درک دقیق مساله و تولید تحلیل مناسب برای آن خواهد بود. بسیاری از نرم‌افزارهای موجود از این امکان ارزشمند بی‌بهره‌اند و درکی از مساله ندارند، اما کامسول مدل را می‌فهمد.

❖ **با نرم‌افزار قدرتمند MATLAB ارتباط مستقیم دارد.** در تمامی نرم‌افزارهای شبیه‌ساز قدرتمند به نحوی قابلیت کدنویسی، پیش‌بینی شده است؛ زیرا امکان پوشش تمامی شرایط و قواعد خاص حاکم بر مسایل، وجود ندارد. کدنویسی در نرم‌افزارهای شبیه‌ساز، اغلب کار سختی است، اما نه در کامسول! مطلب، به عنوان یکی از قوی‌ترین

نرم افزارهای ریاضی، امروزه در دسترس کاربران بیش از ۱۳ رشته تحصیلی و زمینه پژوهشی، قرار دارد. بسیار ارزشمند است که نرم افزار نام آشنای متلب، مدل های کامسول را پشتیبانی می کند و قابلیت استفاده از موتور محاسباتی خود را کاملاً در اختیار کامسول قرار می دهد.

نحوه مطالعه کتاب

این کتاب به دو بخش اساسی تقسیم شده که در بخش اول، نرم افزار کامسول و قابلیت های آن به طور کامل معرفی شده است. در این بخش در فصل ابتدایی، مبانی نرم افزار شامل ماژول های مهم و کاربردی به همراه رابط های فیزیکی مورد استفاده و نیز معادلات پایه ای موجود در آن، ارائه شده است. همان طور که گفته شد، قابلیت ویژه و کاربردی این نرم افزار، چندفیزیک بودن آن است و بسیاری از مسایل و مدل ها با بیش از یک فیزیک قابل بیان و تحلیل اند. پس اگر ماژول هایی را می بینید که با رشته یا تخصص شما سازگار نیستند، تعجب نکنید. آنها را حداقل به طور سطحی مطالعه کنید؛ زیرا ممکن است لازم باشد در مدل های خود از آنها به نحوی استفاده کنید.

در فصل دوم از بخش اول، امکانات و ابزارهای مختلف نرم افزار برای تولید و تعریف مدل با استفاده از رابط های فیزیکی مورد نظر و نیز نحوه اختصاص ماده مدل و اعمال شرایط مرزی (و شاید اولیه) تا مرحله اجرای محاسبات و گرفتن نتایج و خروجی های گرافیکی مطلوب، به طور کامل مطرح و توصیف شده اند. این فصل را دقت بخوانید تا در تولید و تعریف مدل خود و نیز تحلیل آن با مشکل روبه رو نشوید. در فصل سوم از این بخش نیز نحوه ارتباط این نرم افزار با MATLAB به طور دقیق و کامل مطرح شده است. توجه داشته باشید که این سه فصل را باید بر اساس ترتیب ارائه آنها مطالعه کنید.

بخش دوم این کتاب، شامل تمرین ها و پروژه های کاربردی متنوع است که متناسب با رشته تحصیلی یا پژوهشی شما انتخاب شده است. در ابتدای این بخش از این تمرین ها، صورت مساله مطرح شده و پس از آن نحوه پیاده سازی مساله در کامسول و تجزیه و تحلیل آن به صورت مرحله به مرحله و کامل ارائه گردیده است. از آنجایی که این بخش از تمرین ها به صورت مستقل مطرح شده و مورد تحلیل قرار گرفته، نیازی به مطالعه بخش های دیگر این بخش نخواهید داشت و می توانید تنها به سراغ تمرین های مورد نظر خود که با مورد مطالعاتی شما سازگار است، بروید؛ اما به خاطر داشته باشید که باید پیش از مراجعه به این بخش و استفاده از تمرین ها، سه فصل بخش اول را خوب مطالعه کرده باشید. در ضمن، تمامی فایل های مورد نیاز این بخش، در DVD همراه کتاب موجود است.

انتشارات دانشگاهی کیان علاقه مند است بازخوردهای ارزنده شما مخاطب گرامی را در مورد این اثر و سایر آثار خود دریافت کند. از آنجایی که هیچ کتابی خالی از اشکال نیست، خواهشمند است نظرها، پیشنهادها و نیز نقدهای ارزشمند خود را از طریق آدرس های ارتباطی موجود به اطلاع نشر برسانید تا در نسخه های آتی مورد بازبینی و اصلاح قرار گیرند.

بخش اول: آشنایی با نرم افزار COMSOL

فصل اول: آشنایی با نرم افزار COMSOL

۱۳	۱-۱. مقدمه
۱۶	۲-۱. ماژول های نرم افزار

فصل دوم: آشنایی با محیط نرم افزار COMSOL

۶۶	۱-۲. ابزارها و ابزارهای مورد استفاده در نرم افزار
۷۱	۲-۲. شاخه و زیر شاخه های Model Builder
۷۴	۳-۲. معرفی ابزارهای مورد نیاز در بخش مدل سازی
۸۷	۴-۲. معرفی کتابخانه مواد
۱۱۱	۵-۲. عملیات مش بندی
۱۲۶	۶-۲. مرحله تحلیل و بررسی نتایج
۱۳۵	۷-۲. خطاها و هشدارها

فصل سوم: اتصال کامسول به MATLAB توسط LiveLink

۱۴۰	۱-۳. اقدامات اولیه برای برقراری اتصال LiveLink for MATLAB
۱۴۱	۲-۳. به کارگیری MATLAB در COMSOL
۱۴۲	۳-۳. فراخوانی یک تابع MATLAB به درون یک مدل CO ₂ SC
۱۵۴	۴-۳. ایجاد مدل با کمک متلب
۱۸۱	۵-۳. کار با مدل کامسول در متلب

بخش دوم: تمرین های کاربردی

۱۸۷	تمرین ۱: تحلیل و بررسی روش حفاظت آندی به عنوان یکی از روش های جلوگیری از خوردگی
۲۰۱	تمرین ۲: آنالیز خوردگی اتمسفری
۲۱۹	تمرین ۳: آنالیز حفاظت کاتدی فولاد در سازه بتنی
۲۳۵	تمرین ۴: آنالیز خوردگی حفره های آهن در محلول اسید استیک و استات سدیم
۲۵۲	تمرین ۵: آنالیز میخ گالوانیزه
۲۶۹	تمرین ۶: آنالیز خوردگی گالوانیک با تغییر شکل الکتروود
۲۸۱	تمرین ۷: آنالیز خوردگی CO ₂ در لوله های فولادی
۲۹۵	تمرین ۸: آنالیز خوردگی موضعی
۳۰۹	تمرین ۹: آنالیز حفاظت خوردگی در بدنه کشتی
۳۲۵	تمرین ۱۰: آنالیز حفاظت خوردگی سکوی نفتی با استفاده از آند های فداشونده
۳۳۵	تمرین ۱۱: آنالیز عملیات پوشش دهی به روش آب کاری الکتریکی در اتومبیل
۳۵۱	تمرین ۱۲: آنالیز شکست ناشی از سیکل خستگی در فریم عینک

فهرست مطالب

۳۶۳	تمرین ۱۳: آنالیز انتقال حرارت انیزوتروپی در میان کامپوزیت الیاف کربنی
۳۷۹	تمرین ۱۴: آنالیز اثر جریان همرفتی مارانگونی (Marangoni)
۳۸۹	تمرین ۱۵: آنالیز تغییر فاز
۴۰۱	تمرین ۱۶: آنالیز فرایند تغییر جبهه ذوب سرب
۴۱۳	تمرین ۱۷: آنالیز کاوش مغناطیسی برای رسوبات سنگ آهن
۴۲۷	تمرین ۱۸: آنالیز تاثیر لعابکاری بر روی رفتار حرارتی پنجره
۴۴۳	تمرین ۱۹: آنالیز ترانسفورماتور پیزوالکتریک کامپوزیتی
۴۵۵	تمرین ۲۰: آنالیز پیل میدل پیزوسرامیک لوله‌ای شکل
۴۶۹	تمرین ۲۱: آنالیز یک کریستال فوتونیک
۴۷۹	تمرین ۲۲: آنالیز یک سطح در پوشش‌دهی
۴۹۷	تمرین ۲۳: آنالیز خزش ایستایی حرارتی
۵۰۷	تمرین ۲۴: آنالیز یک سیستم کاشت یونی
۵۱۹	تمرین ۲۵: آنالیز تنش حرارتی در یک کامپوزیت
۵۲۹	تمرین ۲۶: آنالیز انجماد در فلات
۵۴۳	تمرین ۲۷: آنالیز توری پراش
۵۷۱	تمرین ۲۸: آنالیز لنز مغناطیسی
۵۸۷	تمرین ۲۹: آنالیز ریخته‌گری پیوسته
۶۰۹	تمرین ۳۰: آنالیز لغزش در ورق
۶۱۷	تمرین ۳۱: آنالیز الاستیک - پلاستیک ورق حاوی حورارخ
۶۳۱	تمرین ۳۲: آنالیز لوله تحت فشار
۶۴۳	تمرین ۳۳: آنالیز اکستروژن آلومینیوم
۶۶۳	تمرین ۳۴: آنالیز رسوب‌دهی شیمیایی بخار تحت خلأ
۶۷۷	تمرین ۳۵: آنالیز پولیش الکتروشیمیایی
۶۸۵	تمرین ۳۶: آنالیز همرفت Marangoni
۶۹۵	تمرین ۳۷: آنالیز الگوی پراش
۷۰۱	تمرین ۳۸: حرارت‌دهی ویفر سیلیکونی با لیزر
۷۱۳	تمرین ۳۹: آنالیز آبکاری زینتی
۷۲۳	تمرین ۴۰: آنالیز رسوب‌دهی مس در Trench
۷۳۹	تمرین ۴۱: آنالیز سختی در مهارکننده‌ی دوگوشه‌ای دکل مخابرات
۷۴۹	تمرین ۴۲: آنالیز پیوستگی سیکل در خستگی
۷۶۱	تمرین ۴۳: آنالیز پاسخ خستگی به اعمال نیروی غیرتاسی
۷۷۷	پیوست ۱: لیستی از سطح مقطع‌های نرم‌افزار
۷۸۵	پیوست ۲: جزئیات تکمیلی در مورد محیط کار نرم‌افزار COMSOL
۷۹۹	پیوست ۳: آشنایی با نقش متغیرها، ثابت‌ها و عملگرهای نرم‌افزار