



کانون نشر علوم

شماره درخواست
۱۴۲۳۸۵۵

آنالیز اجزاء محدود

در CATIA

(مدلسازی، تحلیل استاتیکی و فرکانسی)

مؤلف:

مهندس مرتضی سعادت مراد

ناشر:

کانون نشر علوم



نشر علوم

www.nashreloom.com

پیشگام در نشر آثار برگزیده علوم کاربردی کامپیوتر و الکترونیک

سرشناسه: سعادت‌مهراد، مرتضی، ۱۳۶۹-

عنوان و نام پدیدآور: آنالیز اجزاء محدود در CATIA (مدلسازی، تحلیل استاتیکی و فرکانسی) / مؤلف مرتضی سعادت‌مهراد
مشخصات نشر: تهران: کانون نشر علوم، ۱۳۹۵.

مشخصات ظاهری: ۲۸۰ ص: مصور، جدول، نمودار.

شابک: ۹۷۸۹۶۴۳۲۷۱۴۷۳

وضعیت فهرست‌نویسی: فیا

یادداشت: واژه‌نامه

موضوع: نرم‌افزار کاتیا

موضوع: CATIA

موضوع: روش المان محدود - نرم‌افزار

موضوع: Finite elements method - Software

موضوع: تحلیل سازه - نرم‌افزار

موضوع: Structural analysis (engineering) - Software

موضوع: مهندسی به کمک کامپیوتر

موضوع: Computer - aided engineering

رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۵ عس/ک/۴۵/۱

رده‌بندی دیویی: ۶۲۰/۱۰۴۲۰۲۸۵

شماره کتابشناسی ملی: ۴۲۳۷۶۸۶

نام کتاب: آنالیز اجزاء محدود در CATIA (مدلسازی، تحلیل استاتیکی و فرکانسی)

ناشر: کانون نشر علوم

مؤلف: مرتضی سعادت‌مهراد

ویراستار ادبی: فاطمه سلطانی

صفحه‌آرا: فاطمه آدیگوزل‌پور اردبیلی

طرح جلد: کامران کاردر

چاپ اول: تابستان ۱۳۹۵

تیراژ: ۱۰۰۰

چاپ و صحافی: کانون نشر علوم

قیمت: ۱۸۵۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸۹۶۴۳۲۷۱۴۷۳

مراکز پخش:

پخش علوم: خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، خیابان وحید نظری شرقی، پلاک ۶۵، واحد ۱

تلفن: ۶۶۹۶۹۱۵۶۸ - ۶۶۴۹۴۹۱۱

نشر و پخش آترا: میدان انقلاب، خیابان جمالزاده جنوبی، کوچه شهید آقاصبوری، پلاک ۱۳

تلفن: ۶۶۹۲۲۰۸۲



سخن ناشر

به نام خداوند بخشنده و مهربان

گستره دانش بشری در برابر علم بی‌پایان و نامتناهی حضرت حق (جلّ جلاله) بسیار ناچیز است؛ همچنان سرگریه «و ما عطا نکردیم به شما علم را جز اندکی» شاهدی است بر ضعف معرفت انسانی نسبت به حکمت صمدانی. با این حال چه نیکو سفارش فرموده است خاتم انبیاء، حضرت محمد صطفی (ص)، که «بجوید علم را اگر چه به سرزمین چین». این توصیه، تمامی پیروان راستین دین حنیف، اسلام، به فراگیری و اکتساب علوم و فنون مختلف در همه زمان‌ها و همه مکان‌ها فرا می‌خواند.

تلاش کانون نشر علوم، همواره عطاوار، تولید آثار شایسته و بایسته در زمینه فنی و مهندسی بوده است؛ اگرچه که در این راه مشکلات بسیاری‌های فراوانی حادث شده و خواهد شد. این امر تا حدی بسیار، تابعی از ماهیت رشته‌های فنی و مهندسی و معارف مربوط به آنهاست؛ چرا که این رشته‌ها به سرعت و بی‌وقفه در حال نو شدن می‌باشند. این امر رسالت کانون نشر علوم را در نشر آثار مربوطه، اعم از تألیف یا ترجمه، خط‌رتر کرده و می‌کند. در این ارتباط دغدغه اصلی کانون نشر علوم این بوده و هست که اولاً، انباشته علم فنی و مهندسی عقب نماند؛ و ثانیاً، آثاری را به زیور طبع بیاراید که ضمن داشتن وجهه علمی، در خور شأن مخاطبین اندیشمند و فاضل نیز باشد. امید است که خداوند متّان در این مسیر، مساعدت فرماید.

پایان سخن اینکه، کانون نشر علوم دست یاری و همت تمامی مؤلفین، مترجمین، علاقه‌مند در زمینه علوم فنی و مهندسی را به گرمی می‌فشارد و تمامی ایشان را خاضع و خاشعانه به همکاری فرا می‌خواند. همچنین این مجموعه از تمامی مخاطبین استدعا دارد که با نظرات صائب و راهگشای خود، در بهبود شکلی و محتوایی آثار منتشر شده مساعدت فرمایند؛ و صد البته که تمامی کاستی‌ها از این رهگذر تنها و تنها متوجه این مجموعه بوده و هست.

سید محمدحسین منوری

کانون نشر علوم



دوره نهم:

پس از مدل ریاضی یا مجموعه مونتاژی و قبل از انجام عملیات ساخت، نیاز به آنالیز آن داریم. آنالیز طعه مجموعه مونتاژی می تواند از طریق شبیه سازی، ما را از نقاط قوت و ضعف مدلی که قرار است ساخته شود، آگاه کند. محیط آنالیز اجزای محدود در نرم افزار CATIA، تحت عنوان Generative Structural Analysis به کاربر امکان آنالیز راحت استاتیکی و فرکانسی را می دهد. پیارچی و سازی و سادگی کار آنالیز در نرم افزار CATIA از مهم ترین مزیت این نرم افزار نسبت به سایر نرم افزارهای آنالیز اجزاء محدود می باشد. این کتاب اولین منبع مثال محور بررسی آنالیز اجزای محدود در ایران می باشد و در آن مثال های کاربردی و مفید متعددی را از مدامانی تا آنالیز ارائه می دهد تا کاربر بتواند به آسانی نحوه کار با این محیط را فرا گیرد.



مقدمه مؤلف

در فرایند طراحی و تولید به کمک کامپیوتر، پس از مدلسازی و قبل از ساخت قطعه، مکانیزم یا دستگاه، نیاز به آنالیز آن داریم. در صورتی که بخواهیم طراحی اصولی و درستی داشته باشیم، باید پس از مدل سازی طرح، آن را بهینه سازی نموده و سپس آن را بسازیم. این کار از سالیان دور همواره به روش های مختلفی انجام می شد. یک روش بسیار قدیمی آنالیز طرح، استفاده از روش آزمون و خطای^۱ عملی پس از ساخت بود. با پیشرفت ریاضیات، روش های ریاضیاتی تحلیلی جهت آنالیز و بهینه سازی بسیاری از طرح ها امکان پذیر شد. روش های تحلیلی در بسیاری از موارد کار آنالیز و بهینه سازی آسان تر نمودند ولی امروزه با توجه به افزایش تنوع قطعات، مکانیزم ها و دستگاه ها و پیچیده شدن هندسه آنها در بسیاری از موارد، استفاده از روش های تحلیلی بسیار وقت گیر، هزینه بر، و مشکل است. امکان ناپذیر است. جهت حل این مسأله روش های عددی مختلفی ابداع شدند. روش های عددی را تقریبی بسیاری از مسائل را امکان پذیر ساختند و مشکل امکان ناپذیری حل بسیاری از مسائل را از بین بردند. با این حال در مواردی که هندسه طرح خیلی پیچیده می شد، حل دستی این مسائل مانع بود. در ریاضیات، روش اجزاء محدود^۲ (FEM)، روشی عددی جهت پیدا کردن راه حل تقریبی با مسائل مقدار مرزی برای معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی می باشد. در این روش دامنه کل مسأله به زیر بخش های کوچکتر ساده تقسیم می شود. هر یک از این زیر بخش ها «جزء محدود» همان «المان محدود» نامیده می شود. آنالیز اجزاء محدود^۳ (FEA)، کاربرد عملی روش اجزاء محدود است. روش اجزاء محدود یک مدل ریاضیاتی برای حل بسیاری از مسائل فیزیکی بسیار پیچیده است. به دلیل اینکه حل بسیاری از مسائل فیزیکی با روش اجزاء محدود بصورت دستی بسیار سخت خواهد بود، به همین دلیل در استفاده از این روش از نرم افزارهای کامپیوتری بهره می گیریم. استفاده از نرم افزارهای کامپیوتری برای تحلیل و حل مسائل با روش اجزاء محدود را «آنالیز اجزاء محدود» می نامیم. در این راستا نرم افزارهای متعددی وجود دارند که به اصطلاح «نرم افزارهای اجزاء محدود» نامیده می شوند. استفاده از این گونه نرم افزارها دقت و سرعت محاسبات را نسبت به حالت دستی بالاتر می برد. با استفاده از نرم افزارهای مختلف اجزاء محدود، به راحتی می توان پیچیده ترین مسائل استاتیکی، دینامیکی، ارتعاشاتی، خستگی، سیالاتی، آیرودینامیکی و... را آنالیز نمود. از جمله نرم افزارهای مختلف اجزاء محدود ANSYS, ABAQUS, NASTRN و... می باشند.

1. Trial and Error
2. Finite Element Method
3. Finite Element Analysis



این نرم‌افزارها بطور تخصصی در بخش CAE کار می‌کنند.

در این کتاب از نرم‌افزار کتیا^۱ (CATIA) جهت تحلیل و مهندسی به کمک کامپیوتر استفاده می‌شود. نکته قابل توجه این است که از این نرم‌افزار می‌توان در سه زمینه طراحی به کمک کامپیوتر^۲ (CAD)، مهندسی به کمک کامپیوتر^۳ (CAE) و ساخت به کمک کامپیوتر^۴ (CAM) بهره جست. این کتاب برای این بار در کشور عزیزمان ایران، در زمینه تحلیل المان کاربردی به کمک نرم‌افزار کتیا انتشار یافته است. پیش‌نیاز اولیه برای کار با این کتاب، آشنایی با مدل‌سازی سه بعدی به کمک کتیا (محیط‌های Part design و Assembly design) می‌باشد. مدل‌های ارائه شده در مسائل ساده، نحوه مدل‌سازی تمامی مدل‌هایی که در این کتاب آمده‌اند، توضیح داده شده‌اند تا آن دسته از کاربرانی که از قبل با نحوه مدل‌سازی در CATIA آشنایی ندارند بتوانند از طرفی با مدل‌سازی در این نرم‌افزار آشنا شوند و از طرفی دیگر بتوانند مدل‌سازی مسائل ارائه شده را انجام دهند.

1. CATIA :Computer Aided Three Dimensional Application

2. CAD: Computer Aided Design

3. CAE :Computer Aided Engineering

4. CAM :Computer Aided Manufacturing



پیشگفتار

خدای بزرگ را شاکرم که به لطف و عنایت بی کران او، توفیق تألیف این کتاب نصیبم شد. کتابی که پیش رو دارید، تحت عنوان «آنالیز اجزاء محدود در کتیا»، اولین کتاب مثال محور فارسی در زمینه آنالیز اجزاء محدود با استفاده از نرم افزار CATIA می باشد. راحتی کار با محیط آنالیز در کتیا از یک سو، و از سویی دیگر، نبود کتاب منبع فارسی مثال محور در ایران، انگیزه های شد تا کتابی را در این زمینه به رشته تحریر در آورم. پیچیده نبودن روند تحلیل و همچنین یکپارچگی مدل ری و تحلیل در نرم افزار CATIA این امید را در من زنده کرده است که کاربران زیادی برای آنالیز قطعات به مکانیزم هایشان به این نرم افزار روی آورند. در اینجا لازم می دانم از اساتید بسیار ارجمند آقایان مهندس اسماعیل یوسفیان، مهندس حشمت الله بهزادی و دکتر علیرضا خورشیدوند تشکر نمایم. همچنین از جناب آقای سید محمد حسین منوری، مدیریت محترم انتشارات کانون نشر علوم که باعث نشر این کتاب را عهده دار شدند، کمال تشکر را دارم. از آنجا که هیچ اثری خالی از اشکال نیست، بنده نیز آماده دریافت هرگونه پیشنهاد سازنده شما در جهت بهبود این کتاب به آدرس ایمیل Eng_mortaza@nashreloom.com هستم.

در نهایت دلگرمی ام این است که این کتاب گره ای را در کار مخاطبش بگشاید.

مرتضی سعادت مراد

زمستان ۹۴



فهرست مطالب

مقدمه مؤلف ۵

فصل ۱: مقدمات ۱۱

روش اجزاء محدود ۱۲
آنالیز اجزاء محدود ۱۳
روند آنالیز اجزاء محدود ۱۴
دوره نرم افزار CATIA ۱۶
پیشینه های کار با این کتاب ۱۷

فصل ۲: شرح در ابزارها مستورات تخصصی محیط Generative Structural Analysis ۲۱

مقدمه ۲۲
نوار ابزار Restraints ۲۳
نوار ابزار Loads ۲۳
نوار ابزار Model Manager ۲۵
نوار ابزار Virtual Parts ۲۷
نوار ابزار Material on Analysis Connection ۲۸
نوار ابزار Connection Properties ۲۹
نوار ابزار Analysis Supports ۳۴
نوار ابزار Masses ۳۵
نوار ابزار Modulation Toolbar ۳۷
نوار ابزار Adaptivity ۳۸
نوار ابزار Compute ۳۸
نوار ابزار Image ۳۹
نوار ابزار Analysis Tools ۴۰
نوار ابزار Groups ۴۱
نوار ابزار Analysis Results ۴۳

فصل ۳: نحوه کار با محیط Generative Structural Analysis ۴۵

مقدمه محیط ۴۶
نسبت دادن جنس ماده به مدل ۴۷
ایجاد تکیه گاه ها ۵۰
ایجاد بار ۵۱
مرحله پردازش ۵۳
مرحله پس پردازش ۵۴

فصل ۴: آنالیز استاتیکی تیر یکسرگیر دار ۵۷

بیان مسأله ۵۸
مرحله پیش پردازش ۵۸
مرحله پردازش ۶۸
مرحله پس پردازش ۶۹



فصل ۵: آنالیز پنجش میله توخالی یکسرگیر دار	۷۱
بیان مسأله	۷۲
مرحله پیش پردازش	۷۲
مرحله پردازش	۸۲
مرحله پس پردازش	۸۲
فصل ۶: آنالیز تنش و تغییر مکان محوری بین یکسر گیردار	۸۵
بیان مسأله	۸۶
مرحله پیش پردازش	۸۶
مرحله پردازش	۹۷
مرحله پس پردازش	۹۸
فصل ۷: آنالیز استاتیکی مزو رة مستطی، شکل	۱۰۱
بیان مسأله	۱۰۲
مرحله پیش پردازش	۱۰۳
مرحله پردازش	۱۱۴
مرحله پس پردازش	۱۱۵
فصل ۸: آنالیز استاتیکی استوانه جدار نازک تحت بار	۱۱۷
بیان مسأله	۱۱۸
مرحله پیش پردازش	۱۱۸
مرحله پردازش	۱۲۷
مرحله پس پردازش	۱۲۸
فصل ۹: آنالیز استاتیکی قاب	۱۳۱
بیان مسأله	۱۳۲
مرحله پیش پردازش	۱۳۲
مرحله پردازش	۱۴۲
مرحله پس پردازش	۱۴۲
فصل ۱۰: آنالیز استاتیکی سیستمی با مدلسازی فئری	۱۴۵
بیان مسأله	۱۴۶
مرحله پیش پردازش	۱۴۶
مرحله پردازش	۱۵۶
مرحله پس پردازش	۱۵۷
فصل ۱۱: آنالیز استاتیکی یانافانی دارای عضو صُلب	۱۵۹
بیان مسأله	۱۶۰
مرحله پیش پردازش	۱۶۰
مرحله پردازش	۱۷۲
مرحله پس پردازش	۱۷۲

**فصل ۱۲: آنالیز تنش حرارتی قوطی دوسر گیردار**

۱۷۵..... بیان مسأله

۱۷۶..... مرحله پیش پردازش

۱۸۴..... مرحله پردازش

۱۸۴..... مرحله پس پردازش

فصل ۱۱: آنالیز فرکانسی ستون بتنی یکسر گیردار

۱۸۸..... بیان مسأله

۱۸۸..... مرحله پیش پردازش

۱۹۶..... مرحله پردازش

۱۹۷..... مرحله پس پردازش

فصل ۱۴: آنالیز فرکانس ورق چهار گیردار

۲۰۳..... بیان مسأله

۲۰۴..... مرحله پیش پردازش

۲۱۲..... مرحله پردازش

۲۱۳..... مرحله پس پردازش

فصل ۱۵: آنالیز فرکانسی قوطی دو سر گیردار

۲۲۰..... بیان مسأله

۲۲۰..... مرحله پیش پردازش

۲۲۹..... مرحله پردازش

۲۳۰..... مرحله پس پردازش

فصل ۱۶: آنالیز فرکانس آزاد میله‌ای دارای عضو صلب

۲۳۵..... بیان مسأله

۲۳۶..... مرحله پیش پردازش

۲۴۵..... مرحله پردازش

۲۴۵..... مرحله پس پردازش

فصل ۱۷: آنالیز مجموعه مونتازی ورق و ماتریس

۲۵۰..... بیان مسأله

۲۵۰..... مرحله پیش پردازش

۲۷۲..... مرحله پردازش

۲۷۳..... مرحله پس پردازش