

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۲۰۳ ۴۴۴.

۹۸، ۳، ۲۱

آنالیز پیشرفته و برنامه نویسی

با آباکوس

تألیف:

دکتر فرید رضا بیگری

عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

مهندس میلاد مالمیر

کارشناس ارشد دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

مهندس جواد سلیمی

کارشناس ارشد دانشگاه صنعتی اراک

بهار ۱۳۹۸

سرشناسه	بیگلری، فرید رضا، ۱۳۴۳
عنوان و نام پدیدآور	: آنالیز پیشرفته و برنامه‌نویسی با آباکوس
تألیف	: فریدرضا بیگلری، میلاد مالمیر، جواد سلیمی
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، مرکز نشر، ۱۳۹۷
مشخصات ظاهری	: ۴۱۳ ص
شابک	: 978-964-463-754-4
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
موضوع	: Abaqus (Electronic resource) آباکوس
موضوع	: روش المان‌های محدود -- نرم‌افزار
موضوع	: Finite elements method -- Software
موضوع	: آنالیز عددی -- برنامه‌های کامپیوتری
موضوع	: Numerical analysis -- Computer programs
شناسه نزود	: مالمیر، میلاد، ۱۳۷۴
شناسه افزوده	: سلیمی، جواد، ۱۳۷۲
شناسه افزوده	: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، مرکز نشر
رده‌بندی کنگره	: ۳۹۷: ۳۴۷/۹ TA
رده‌بندی دیویی	: ۵۱۲/۵ ۶۲۰/۰
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۵۳ ۸۱

این کتاب در جلسه مورخ ۱۳۹۷/۸/۲۰ شورای چاپ و نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسیده است.



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

عنوان کتاب	: آنالیز پیشرفته و برنامه‌نویسی با آباکوس
تألیف	: دکتر فرید رضا بیگلری - مهندس میلاد مالمیر - مهندس جواد سلیمی
ویراستار	: یاسمن یاسی‌پور تهرانی
ناشر	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ و صحافی	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ اول	: بهار ۱۳۹۸
تیراژ	: ۱۰۰ نسخه
قیمت	: ۴۸,۰۰۰ تومان
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۷۵۴-۴
	ISBN: 978-964-463-754-4

آدرس مرکز پخش: خیابان ولیعصر، روبروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) - تلفن: ۶۶۴۹۸۸۶۸

وبسایت: <http://publication.aut.ac.ir>

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

پیشگفتار.....	الف
فصل اول: مروری بر اجزای محدود.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۱
۲-۱- شیوه‌های صریح و ضمنی در روش اجزای محدود.....	۲
۱-۲-۱- مسائل استاتیکی.....	۴
۲-۲-۱- مسائل دینامیکی.....	۴
۲-۲-۱- مسائل شبه استاتیکی.....	۴
۳-۱- آنالیز خطی و غیر خطی.....	۵
۱-۳-۱- منابع غ خطی ساز.....	۶
۴-۱- تنش کرنش، مهندسی و حقیقی در آباکوس.....	۷
۵-۱- انواع المان.....	۹
۱-۵-۱- المان‌های پیوسته.....	۱۰
۲-۵-۱- المان هیبرید.....	۱۱
۳-۵-۱- المان‌های تیر.....	۱۳
۴-۵-۱- المان‌های پوسته‌ای.....	۱۳
۶-۱- درجات آزادی المان‌ها و تعداد گره.....	۱۴
۷-۱- انتگرال‌گیری المان‌ها در آباکوس.....	۱۵
۱-۷-۱- انتگرال‌گیری کامل.....	۱۶
۲-۷-۱- انتگرال‌گیری کاهش یافته.....	۱۶
۸-۱- دیدگاه لاگرانژی در تحلیل اجزای محدود.....	۱۷
۱-۸-۱- محدودیت‌های تحلیل لاگرانژی.....	۱۷
۹-۱- دیدگاه اویلری در تحلیل اجزای محدود.....	۱۸
۱-۹-۱- موارد استفاده از تحلیل اویلری.....	۱۸
۱۰-۱- آشنایی با برخی از خطاهای رایج در آنالیز اجزای محدود.....	۱۹
۱-۱۰-۱- قفل شوندگی برشی.....	۱۹
۲-۱۰-۱- ساعت شنی.....	۲۳
۳-۱۰-۱- وابستگی نتایج حاصل از یک آنالیز به تعداد المان (استقلال شبکه).....	۲۵
۴-۱۰-۱- عوجاج المان‌ها در اثر تغییر شکل زیاد و راه رفع آن.....	۲۸
۱۱-۱- تفاوت بین روش لاگرانژی و اویلری و اویلری - لاگرانژی.....	۲۹

۱۲-۱	روش‌های کاهش زمان حل مسئله در نرم‌افزار	۳۰
۱۳-۱	میزان حد پایداری	۳۲
۱۴-۱	مقیاس جرمی	۳۳
۱-۱۴-۱	پیدا کردن بهترین نرخ بارگذاری	۳۴
۲-۱۴-۱	شتاب در نرخ بارگذاری	۳۶
۳-۱۴-۱	بالانس انرژی در تحلیل شبه‌استاتیکی	۳۷
۴-۱۴-۱	نکات بیشتر در ارتباط با مقیاس جرمی	۳۹
۴۹	فصل دوم: تحلیل استاتیکی	
۱-۲	مقدمه	۴۹
۲-۲	تحلیل حرپا	۴۹
۳-۲	تحلیل خرابا	۵۷
۶۱	فصل سوم: هیدروفرمینگ	
۱-۳	مقدمه	۶۱
۲-۳	هیدروفرمینگ	۶۱
۳-۳	هیدروفرمینگ ورق	۶۲
۴-۳	مدل‌سازی فرآیند کشش عمیق هیرومکانیک	۶۳
۵-۳	هیدروفرمینگ لوله	۹۱
۶-۳	مدل‌سازی فرآیند ساخت بیلوزهای فلزی	۹۱
۱۱۳	فصل چهارم: فرآیند تغییر شکل پلاستیک شدید	
۱-۴	مقدمه	۱۱۳
۲-۴	فرآیند تغییر شکل پلاستیک شدید	۱۱۴
۳-۴	مدل‌سازی فرآیند ECAP	۱۱۴
۱۳۳	فصل پنجم: خم‌کاری	
۱-۵	مقدمه	۱۳۳
۲-۵	خم‌کاری	۱۳۳
۳-۵	مدل‌سازی خم‌کاری چرخشی	۱۳۵

۱۴۴	۴-۵- محاسبه برگشت فنری در خم کاری
۱۴۹	فصل ششم: کشش عمیق
۱۴۹	۱-۶- مقدمه
۱۴۹	۲-۶- کشش عمیق
۱۵۰	۳-۶- مدل سازی ساخت سینک ظرفشویی با استفاده از فرآیند کشش عمیق
۱۶۳	۴-۶- مدل سازی فرآیند کشش عمیق با نیروی ورق گیر بهینه
۱۶۴	۵-۶- مدل سازی پارگی در فرآیند کشش عمیق
۱۶۹	فصل هفتم: نور
۱۶۹	۱-۷- مقدمه
۱۶۹	۲-۷- نور
۱۷۰	۳-۷- مدل سازی فرآیند نور حلقه
۱۸۵	فصل هشتم: شکل دهی توسط لاستیک
۱۸۵	۱-۸- مقدمه
۱۸۵	۲-۸- شکل دهی توسط لاستیک
۱۸۶	۳-۸- مدل سازی فرآیند RUBBER PAD FORMING
۲۰۳	فصل نهم: فرآیند شکل دهی انفجاری
۲۰۳	۱-۹- مقدمه
۲۰۴	۲-۹- شکل دهی انفجاری
۲۰۵	۳-۹- مدل سازی فرآیند شکل دهی انفجاری
۲۱۳	فصل دهم: اکستروژن
۲۱۳	۱-۱۰- مقدمه
۲۱۳	۲-۱۰- اکستروژن
۲۲۹	فصل یازدهم: شکل دهی افزایشی
۲۲۹	۱-۱۱- مقدمه

۲۲۹.....	۱۱-۲- شکل دهی افزایشی
۲۳۰.....	۱۱-۳- شبیه سازی فرآیند SPIF
۲۵۱.....	فصل دوازدهم: اجزاء محدود توسعه یافته
۲۵۱.....	۱۲-۱- مقدمه
۲۵۱.....	۱۲-۲- اجزای محدود توسعه یافته
۲۵۳.....	۱۲-۳- مدل سازی رشد ترک با استفاده از اجزای محدود توسعه یافته
۲۶۳.....	فصل سیزدهم: کدنویسی در آباکوس
۲۶۳.....	۱۳-۱- مقدمه
۲۶۴.....	۱۳-۲- کدنویسی در آباکوس
۲۶۵.....	۱۳-۳- ساختار برنامه یون ایجاد شده در نرم افزار
۲۶۹.....	۱۳-۴- آنالیز فرآیند آه سر، کرنش صفحه ای برای جنس های مختلف و به دست آوردن تناژ پرس مورد استفاده
۲۷۲.....	۱۳-۵- کدنویسی در پایتون با استفاده از روش ماکرو
۲۷۷.....	فصل چهاردهم: آنالیز بدون مش
۲۷۷.....	۱۴-۱- مقدمه
۲۷۷.....	۱۴-۲- آنالیز بدون مش
۲۸۰.....	۱۴-۳- آنالیز فرآیند آهنگری قالب باز با استفاده از روش SPH
۲۸۵.....	فصل پانزدهم: شکل دهی خزشی
۲۸۵.....	۱۵-۱- شکل دهی خزشی
۲۸۹.....	۱۵-۲- شکل دهی سوپر پلاستیک در آباکوس
۲۹۰.....	۱۵-۳- مدل سازی شکل دهی خزشی در نرم افزار
۳۰۱.....	فصل شانزدهم: بهینه سازی در آباکوس
۳۰۱.....	۱۶-۱- مقدمه
۳۰۱.....	۱۶-۲- بهینه سازی سوراخهای تیر تحت فشار
۳۰۹.....	فصل هفدهم: سابروتین نویسی در آباکوس

۳۰۹	۱۷-۱-مقدمه
۳۰۹	۱۷-۲-لینک کردن آباکوس با فترن
۳۱۲	۱۷-۳-بارگذاری متغیر با زمان حل با کمک سابروتین DLOAD
۳۲۰	۱۷-۴-کنترل خواص مواد با استفاده از سابروتین
۳۲۵	فصل هجدهم: آنالیز ترک
۳۲۵	۱۸-۱-نرخ انتشار انرژی گریفیت
۳۲۶	۱۸-۱-۱-انرژی صفحه‌ای و پیوند اتمی
۳۲۷	۱۸-۱-۲-انتشار انرژی کرنش
۳۲۸	۱۸-۱-۳-معیار شکست گریفیت
۳۲۹	۱۸-۱-۴-معیار گریفیت و پلاستیسیته فلزات
۳۳۰	۱۸-۱-۵-فشار و تنش
۳۳۰	۱۸-۲-مدل سازی رشد ترک در ورق تحت بارگذاری کششی
۳۴۱	فصل نوزدهم: خطاهای در آباکوس
۳۴۱	۱۹-۱-مقدمه
۳۴۱	۱۹-۲-خطاهای طراحی
۳۴۲	۱۹-۲-۱-خطای رسم قطعه صلب با روش Analytical
۳۴۲	۱۹-۲-۲-خطای طراحی قطعه صلب به صورت ساید
۳۴۳	۱۹-۲-۳-خطای عدم تعریف نقطه مرجع برای شبکه صلب
۳۴۳	۱۹-۲-۴-خطای رسم اسکچ
۳۴۳	۱۹-۳-خطاهای تعریف جنس
۳۴۳	۱۹-۳-۱-خطای وارد کردن خواص پلاستیک به صورت نزولی
۳۴۴	۱۹-۳-۲-اشتباه وارد کردن خواص پلاستیک
۳۴۴	۱۹-۳-۳-خطای از دست دادن خواص
۳۴۴	۱۹-۳-۴-خطای عدم تعریف چگالی
۳۴۵	۱۹-۳-۵-خطای تعریف ماده حساس به نرخ کرنش
۳۴۵	۱۹-۴-خطاهای مونتاژ
۳۴۵	۱۹-۴-۱-خطای قید اشتباه
۳۴۶	۱۹-۵-خطاهای حلگر
۳۴۶	۱۹-۵-۱-خطای تلاش زیاد
۳۴۷	۱۹-۵-۲-خطای مینیم اینکریمنت

۳۴۸.....	۱۹-۵-۳- خطای تعداد اینکریمنت
۳۴۸.....	۱۹-۶- خطاهای تماسی
۳۴۹.....	۱۹-۶-۱- خطای تعریف تماس برای قطعه Analytical Rigid
۳۴۹.....	۱۹-۶-۲- خطای تعریف تکراری تماس
۳۴۹.....	۱۹-۶-۳- خطای عدم تعریف ظرفیت گرمایی برای قطعه صلب
۳۵۰.....	۱۹-۷- خطاهای تعریف بارگذاری
۳۵۰.....	۱۹-۷-۱- خطای تناقض در تعریف شرط مرزی
۳۵۰.....	۱۹-۷-۲- خطای عدم تعریف دامنه برای شرط مرزی
۳۵۰.....	۱۹-۷-۳- خطای درجه آزادی قطعه صلب
۳۵۱.....	۱۹-۸- خطای شش بندی
۳۵۱.....	۱۹-۸-۱- خطای مش زنی قطعات پیچیده
۳۵۴.....	۱۹-۹- خطاهای حل مسئله
۳۵۴.....	۱۹-۹-۱- خطای عدم توانایی حل مسئله
۳۵۴.....	۱۹-۹-۲- خطای ایجاد فایل Lock
۳۵۴.....	۱۹-۹-۳- خطای عدم توانایی تعریف Working Directory
۳۵۴.....	۱۹-۹-۴- خطای افزایش تعداد حل مسئله
۳۵۵.....	۱۹-۹-۵- خطای تغییر شکل زیاد در مانها
۳۵۶.....	۱۹-۹-۶- خطای سرعت موج بسیار زیاد
۳۵۶.....	۱۹-۱۰- خطاهای نتایج
۳۵۷.....	۱۹-۱۰-۱- خطای عدم نمایش نتایج
۳۵۷.....	۱۹-۱۰-۲- خطای باز شدن نتایج حل یک مسئله دیگر
۳۵۷.....	۱۹-۱۰-۳- خطای عدم حرکت قطعات
۳۵۹.....	فصل بیستم: تولد و مرگ المانها در جوشکاری
۳۵۹.....	۲۰-۱- مقدمه
۳۵۹.....	۲۰-۲- جوشکاری
۳۶۰.....	۲۰-۳- مدل سازی جوشکاری توسط روش تولد المانها
۳۷۷.....	فهرست منابع
۳۸۱.....	واژه نامه فارسی به انگلیسی
۳۸۳.....	واژه نامه انگلیسی به فارسی
۳۸۵.....	علامت اختصاری

حمد و سپاس خداوند یگانه را که بر ما منت نهاد تا کتاب حاضر را به اتمام رسانیم. با مسرت بسیار نخستین کتاب تألیفی را که به دست متخصصان ایرانی در زمینه آنالیز پیشرفته تنش و تغییر شکل با کمک روش اجزای محدود و برنامه‌نویسی پایتون در آباکوس نوشته شده است، به هم‌وطنان خویش تقدیم می‌کنیم. فرآیندهای شکل‌دهی ازجمله فرآیندهای مهم و اصلی در ساخت یک قطعه هستند. طراحی قالب مناسب برای فرآیند، هم در کیفیت محصول نهایی و هم در قیمت آن تأثیر بسزایی دارد، به همین دلیل نیاز است که ابتدا پارامترهای مهم هر فرآیند شناخته شوند سپس این پارامترها بهینه‌سازی شوند. امروزه با پیشرفت کامپیوترها روش اجزای محدود به یکی از اصلی‌ترین راه‌های شناخت و بهینه‌سازی پارامترهای اثرگذار در یک فرآیند تبدیل شده است. در این کتاب به آنالیز روش‌های مختلف شکل‌دهی ازجمله فرآیندهای هیدروفرمینگ، کشش عمیق، انفجاری، شکل‌دهی توسط لاستیک و غیره پرداخته شده است، هم‌چنین در قسمت انتهایی کتاب روش آنالیز مسائل مهندسی با استفاده از زبان برنامه‌نویسی پایتون به‌طور کامل توضیح داده شده است. در ابتدا مفاهیم پایه اجزای محدود که در بالا بردن صحت و دقت آنالیز بسیار مؤثر هستند، توضیح داده شده‌اند و در فصل‌های بعدی کتاب به آنالیز فرآیندهای مختلف پرداخته شده است. در مورد فرآیندهای توضیح داده‌شده در هر فصل تلاش مؤلفین بر این بوده است که سه‌گانه‌ترین قطعه و مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار بر آن فرآیند بررسی شوند. این کتاب در راستای کمک به پیشبرد فناوری شکل‌دهی در ایران تألیف شده است. مؤلفان این اثر از زحمات مدیریت و کارکنان انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر کمال تشکر را دارند. از صاحب‌نظران دانشگاهی و صنعتی ماضا داریم که ما را در ارتقاء سطح کیفی این کتاب در جلد‌های بعدی یاری فرمایند.

فرید رضا بیگلری

میلاد مالمیر

واد سلیمی