

به نام آنکه جان را فکرت آموخت

تحلیل اجزای محدود مسائل مهندسی به کمک

ABAQUS

شامل حل گام به گام ۲۵ مسئله منتخب صنعتی و پژوهشی

تالیف:

حامد معیری

(دانشجوی سال آخر مقطع دکتری رشته مهندسی مکانیک - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی)

فریناز فروزش

(دانشجوی مقطع دکتری رشته مهندسی مکانیک - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی)

سیدمحمد زمانی ثانی

(فارغ التحصیل مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک - دانشگاه صنعتی مالک اشتر)

آرزو امامی

(فارغ التحصیل مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی هوافضا - دانشگاه صنعتی امیرکبیر)



عنوان و نام پدیدآور	: تحلیل اجزای محدود مسائل مهندسی به کمک ABAQUS
مشخصات نشر	: تالیف حامد معیری...[و دیگران].
مشخصات ظاهری	: تهران: فدک ایساتیس، ۱۳۹۱.
شابک	: ۸۲۰ص. : مصور، جدول، نمودار.
وضعیت فهرست نویسی	: ۳۵۰۰۰۰ ریال؛ ۲-۱۱۳-۱۶۰-۶۰۰-۹۷۸
یادداشت	: فیبا
موضوع	: تالیف حامد معیری، فریناز فروزش، سیدمحمد زمانی ثانی، آرزو امامی.
موضوع	: آباکوس
موضوع	: روش المان‌های محدود -- نرم‌افزار
موضوع	: آنالیز عددی -- برنامه‌های کامپیوتری
شناسه افزوده	: معیری، حامد، ۱۳۶۱-
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۱ ت ۳ ۹/۹ TA۳۴۷
رده بندی دیویی:	: ۶۲۰/۰۱۵۱۵۳۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۰۸۸۰۹۱



تحلیل اجزای محدود مسائل مهندسی به کمک

ABAQUS

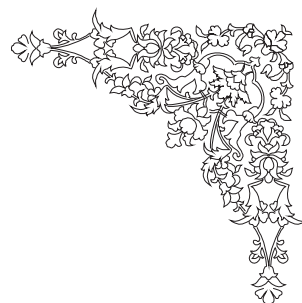
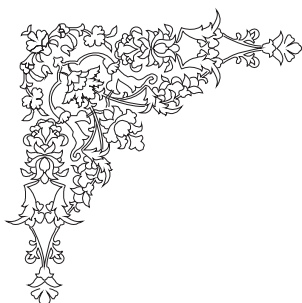
شامل حل گام به گام ۲۵ مسئله منتخب صنعتی و پژوهشی

تالیف	: حامد معیری - فریناز فروزش - محمد زمانی ثانی - آرزو امامی
مدیر تولید	: رضا کرمی‌شاهنده
صفحه‌آرایی	: واحد تولید انتشارات فدک ایساتیس (مریم یوزباشی)
طراح جلد	: پویا شیشه‌گران
نوبت چاپ	: اول - ۱۳۹۲
تیراژ	: ۱۵۰۰
چاپ	: یزدا
صحافی	: کیمیا
قیمت	: ۳۵۰۰۰۰ ریال
شابک	: ۲-۱۱۳-۱۶۰-۶۰۰-۹۷۸

دفتر انتشارات : تهران - خیابان انقلاب - خیابان اردیبهشت - بین‌بافی نژاد و جمهوری - ساختمان ۱۰
 تلفن: ۶۶۴۶۵۸۳۱ - ۶۶۴۸۱۰۹۶ - ۶۶۴۸۲۲۲۱
 نمایندگی تهران : خیابان انقلاب - نبش ۱۲ فروردین - پلاک ۱۳۱۲ - انتشارات صانعی
 تلفن: ۶۶۴۰۹۹۲۴ - ۶۶۴۰۵۳۸۵
 فروشگاه یزد: میدان آزادی (باغ ملی) - ابتدای خیابان فرخی - جنب مجتمع ستاره
 تلفن: ۶۲۲۷۴۷۵ - ۶۲۲۶۷۷۱ - ۶۲۲۶۷۷۲

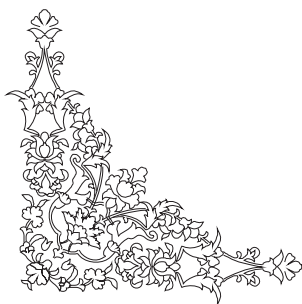
ایمیل و وبسایت: www.fadakbook.ir - info@fadakbook.ir

کلیه حقوق و حق چاپ متن و عنوان کتاب که به ثبت رسیده است؛ مطابق با قانون حقوق مولفان و مصنفان مصوب ۱۳۴۸ محفوظ و متعلق به مؤلفان می‌باشد. هرگونه برداشت، تکثیر، کپی برداری به هر شکل (چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی) بدون اجازه کتبی از مؤلفان ممنوع بوده و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.



تقدیم به:

دو شمع فرزوان، مادر و پدر فداکارمان
آنان که هستی خویش را سرمایه وجودمان کردند
و در راه علم و دانش حامی و همراهان بودند



پیشگفتار

نرم افزار ABAQUS یک نرم افزار پر کاربرد برای مهندسان (مکانیک، هوافضا، عمران و ...) در صنعت و پژوهشگران در دانشگاه می باشد. ما معتقدیم که آموزش این نرم افزار می بایست به صورت تخصصی و بر پایه علم صورت گیرد. به عنوان مثال در یادگیری نرم افزار Auto Cad کافیست بدانیم که هر دکمه (آیکون) در این نرم افزار چه عملیاتی را انجام می دهد. اما در یادگیری نرم افزار ABAQUS، دانستن اینکه هر دکمه چه وظیفه ای را انجام می دهد نه تنها کافی نیست بلکه بسیار خطرناک است و کاربر باید دلیل علمی استفاده از هر گزینه را بداند. چرا که یادگیری این نرم افزار به صورت اپراتوری ممکن است شما را به بیراهه کشانده و جواب های غلطی برای مسئله شما نتیجه دهد. بی آنکه خود شما از عدم صحت نتایج آن آگاه باشید.

دقت و صحت از جمله مفاهیمی هستند که وجود آنها در کنار یکدیگر و دانستن دقیق مفهوم هر یک از آنها از جمله الزامات دست یابی به نتایج قابل قبول در تحلیل اجزا محدود با استفاده از این نرم افزار است. میزان توانمندی و مهارت اپراتور نرم افزار تنها تضمین کننده دقت کار است و صحت کار به تشخیص درست یا نادرست مسائلی از قبیل تشخیص درست یا نادرست شرایط مرزی در یک مسئله برمی گردد. به عنوان مثال اگر کاربر اپراتور ماهری باشد ولی شرایط مرزی مسئله را به درستی تشخیص نداده و اعمال ننماید، کار او صحت نخواهد داشت. صحت یک کار عددی همیشه می بایست با یک کار تجربی یا تحلیلی مقایسه شود و مقایسه یک کار عددی با کار عددی دیگر مفهومی ندارد. بنابراین با توجه به آنچه ذکر شد یک کار عددی به تنهایی کار ارزش مندی نیست و به دو فاکتور دقت و صحت در کنار یکدیگر نیازمند است که دقت به میزان مهارت کاربر بستگی داشته و صحت از طریق مقایسه نتایج حاصله با یک نتیجه تحلیلی و یا تجربی موجود بدست می آید. با توکل به خداوند متعال و با اتکا به تجربه فراوان نویسندگان کتاب در امر آموزش نرم افزار ABAQUS در صنعت و دانشگاه و همچنین انجام پروژه های متعدد و متنوع صنعتی و پژوهشی به کمک این نرم افزار، بر آن شدیم تا کتابی تخصصی در زمینه آموزش نرم افزار ABAQUS، شامل حل گام به گام مثال های منتخب صنعتی و پژوهشی، تدوین کرده و در اختیار مهندسان در صنعت و پژوهشگران در دانشگاه قرار دهیم. امیدواریم با تدوین این کتاب کمک شایانی به شما جهت انجام

پروژه‌های صنعتی و پژوهشی خود کرده و گامی کوچک در پیشبرد علم و صنعت این مرز و بوم برداشته باشیم.

در پایان بر خود لازم می‌دانم که از زحمات استاد بزرگوارم پروفسور امیررضا شاهانی که آشنایی با ایشان نقطه عطفی در زندگی من بوده و همواره الگوی بنده در علم و اخلاق بوده‌اند، تشکر نمایم. همچنین از دوست عزیز و سرورگرامی آقای مهندس مهرداد سرکار حسینی نیز کمال سپاسگزاری را دارم.

حامد معیری کاشانی

(دانشجوی سال آخر مقطع دکتری رشته مهندسی مکانیک-دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی)

فریناز فروزش

(دانشجوی مقطع دکتری رشته مهندسی مکانیک-دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی)

سید محمد زمانی ثانی

(فارغ التحصیل مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک-دانشگاه صنعتی مالک اشتر)

آرزو امامی خلخالی

(فارغ التحصیل مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی هوافضا-دانشگاه صنعتی امیرکبیر)

راهنمای استفاده از کتاب

با توجه به تجربه نویسندگان کتاب در امر تدریس نرم‌افزار ABAQUS در صنعت و دانشگاه و همچنین انجام پروژه‌های متعدد صنعتی و پژوهشی به کمک این نرم‌افزار، بهترین روش یادگیری نرم‌افزار ABAQUS آموزش در حین انجام مثال‌های کاربردی است. از طرفی اعتقاد نویسندگان بر این است که آموزش این نرم‌افزار می‌بایست به صورت کاملاً علمی و نه به صورت اپراتوری محض صورت گیرد. لذا در فصل اول کتاب، برای آشنایی مقدماتی با محیط نرم‌افزار، مروری کوتاه بر کل نرم‌افزار صورت گرفته است. در این فصل مازول‌های مختلف نرم‌افزار با زبانی ساده و بر مبنای استدلال‌های علمی معرفی شده‌اند. بدین منظور به صورت مختصر و مفید تنها به ارائه نکات اصلی و مهم هر مازول بسنده شده و شرح تفصیلی دستورهای تخصصی هر مازول در مثال‌های کاربردی در فصول بعدی کتاب ارائه شده است. **لذا خواهشمندیم حتی اگر اپراتور حرفه‌ای نرم‌افزار ABAQUS می‌باشید، کمی حوصله کرده و قبل از هر چیز فصل اول کتاب را مطالعه فرمایید.**

در فصول دوم تا بیست‌وششم کتاب، منتخبی از مثال‌های پرکاربرد صنعتی و پژوهشی به صورت کاملاً گام به گام تحلیل شده است. به نحوی که هیچ ارتباطی میان مثال‌ها وجود نداشته و چنانچه فردی بدون مطالعه مثال‌های قبلی، مستقیماً به سراغ مثال خاصی برود، بتواند بدون هیچ مشکلی، مسئله مذکور را با موفقیت مورد تحلیل قرار دهد. در صفحه اول هر فصل، نکات مهمی که در آن فصل آموزش داده می‌شود به صورت خلاصه تحت عنوان "در این مثال می‌آموزیم" ارائه شده است. البته فهرستی از دستورها، نکات، تکنیک‌ها و مواردی که در این کتاب آموزش داده شده به ترتیب حروف الفبا در پیوست انتهایی کتاب نیز گردآوری شده است. لذا توصیه می‌شود که پس از مطالعه فصل اول، با مراجعه به بخش "در این مثال می‌آموزیم" در صفحه اول هر فصل و یا فهرست موضوعی در پیوست انتهایی کتاب، مثال‌های مورد نظر خود را انتخاب کرده و مطالعه نمایید.

مثال‌های این کتاب به سه نوع C، CI و CF دسته‌بندی شده‌اند که در ابتدای هر فصل، نوع مثال مشخص شده است. مسئله نوع C مسئله‌ای است که تمامی مراحل و دستورهای آن در محیط CAE نرم‌افزار قابل اجرا بوده و نیازی به کدنویسی ندارد. مسئله نوع CI مسئله‌ای است که برخی دستورهای آن در محیط CAE نرم‌افزار ساپورت نمی‌شوند و لذا آن دستورها را می‌بایست در فایل

*.inp مسئله و یا در بخش Edit keywords (در همان محیط CAE) به صورت دستی، اضافه نمود. مسئله نوع CF نیز مسئله‌ای است که نیازمند Subroutine (سابروتین نویسی) است. بدین معنی که برخی از دستورهای مورد نیاز می‌بایست به زبان برنامه‌نویسی Fortran در فایل با پسوند *.for نوشته شده و در هنگام حل مسئله به آن ارجاع داده شود.

هندسه برخی مثال‌ها پیچیده بوده و روند ساختن آن هندسه به صورت گام به گام بسیار طولانی و از حوصله بحث خارج می‌باشد. لذا فایل مربوط به هندسه‌های پیچیده، در DVD همراه کتاب ارائه شده است.

برخی شکل‌های کتاب که با علامت  مشخص شده‌اند، به صورت رنگی در DVD همراه کتاب ارائه شده است تا کاربران را در درک بهتر آن شکل‌ها (که در کتاب به صورت سیاه و سفید چاپ شده‌است) یاری نماید.

آخرین نسخه نرم‌افزار ABAQUS 6.12 به همراه راهنمای کامل نصب آن و همچنین نرم‌افزارهای Visual Studio و Fortran Compiler به همراه راهنمای نصب و فعال‌سازی آن‌ها (جهت تحلیل مسائل نوع CF که در آن از کدنویسی به زبان Fortran استفاده شده است) در DVD همراه کتاب موجود می‌باشد.

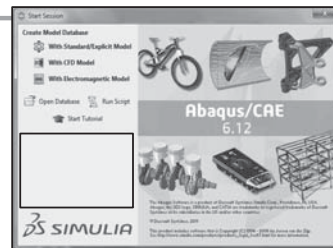
امیدواریم با تدوین این کتاب کمک شایانی به شما جهت انجام پروژه‌های صنعتی و پژوهشی خود کرده و گامی کوچک در پیشبرد علم و صنعت این مرز و بوم برداشته باشیم.

جهت کسب اطلاعات بیشتر در خصوص نرم‌افزار ABAQUS و یا ارائه انتقادات و پیشنهادهای خود در خصوص این کتاب لطفاً به www.abaqus-guide.ir مراجعه فرمائید.

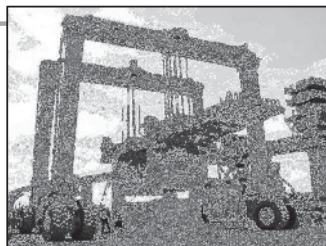
فهرست مطالب

فصل اول مروری بر نرم افزار (آشنایی مقدماتی) ۱

۱.۱	مقدمه ۲
۲.۱	آشنایی با محیط CAE نرم افزار ۲
۳.۱	آشنایی با ماژول های نرم افزار ۸
۱.۳.۱	ماژول Part ۱۱
۲.۳.۱	ماژول Property ۲۶
۱.۲.۳.۱	ساختن ماده (Create Material) ۲۶
۲.۲.۳.۱	ساختن یک مقطع (Create Section) ۳۶
۳.۲.۳.۱	نسبت دادن مقطع به قطعه (Assign Section) ۳۷
۳.۳.۱	ماژول Assembly ۳۸
۴.۳.۱	ماژول Step ۴۱
۵.۳.۱	ماژول Interaction ۴۹
۶.۳.۱	ماژول Load ۵۵
۱.۶.۳.۱	اعمال بارگذاری ۵۶
۲.۶.۳.۱	اعمال شرایط مرزی ۶۲
۳.۶.۳.۱	اعمال شرایط اولیه ۶۴
۷.۳.۱	ماژول Mesh ۶۵
۸.۳.۱	ماژول Optimization (بهینه سازی) ۸۱
۱.۸.۳.۱	مقدمه ۸۱
۲.۸.۳.۱	اصطلاحات بهینه سازی ۸۲
۳.۸.۳.۱	روند اجرای یک فرآیند بهینه سازی در ABAQUS ۸۳
۱.۳.۸.۳.۱	بهینه سازی Topology ۸۴
۲.۳.۸.۳.۱	بهینه سازی Shape ۹۳
۳.۳.۸.۳.۱	شرایط توقف ۹۷
۹.۳.۱	ماژول Job ۱۰۰
۱۰.۳.۱	ماژول Visualization ۱۰۴
۱۱.۳.۱	ماژول Sketch ۱۱۴



فصل دوم تحلیل جرثقیل دروازه‌ای به سه روش المان‌های حجمی، پوسته‌ای و المان‌های تیر ۱۱۹



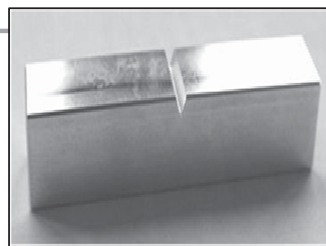
فصل سوم تحلیل نوار نقاله متشکل از تیرهایی با سطح مقطع متفاوت و مدلسازی اتصالات جوشی به کمک المان‌های اتصالی ۱۷۷



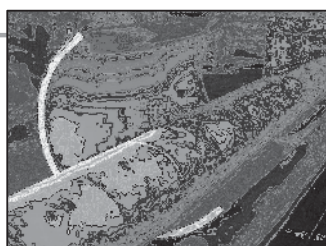
فصل چهارم مدلسازی فلنج اتصال پیچی در لوله‌ها ۲۱۳



فصل پنجم تحلیل تیر شکاف‌دار تحت بارگذاری سیکلی ۲۵۱



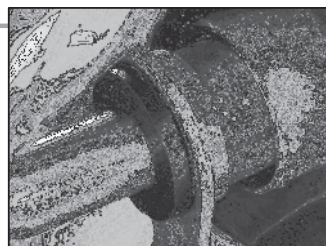
فصل ششم تحلیل کمانش ورق استوانه‌ای کامپوزیتی دارای سوراخ مرکزی ۲۷۵



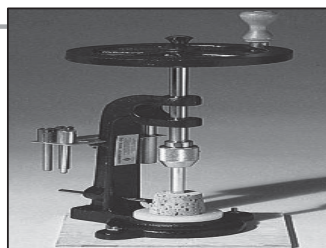
فصل هفتم مدلسازی واشر لاستیکی (Gasket) در حالت کرنش صفحه‌ای ۳۰۵



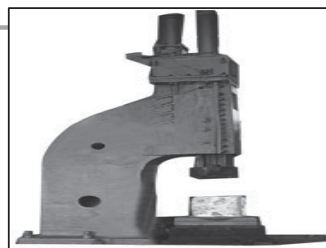
فصل هشتم تحلیل خزش یک بوش ویسکوالاستیک تحت بارگذاری شبه استاتیکی ۳۳۱



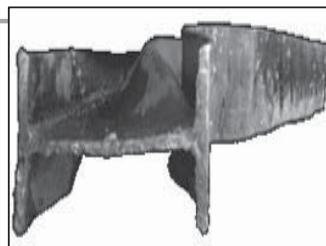
فصل نهم شبیه‌سازی نفوذ در یک ورق ضخیم فومی ۳۵۳



فصل دهم شبیه‌سازی فرآیند فورج (آهن‌گری) یک قطعه استوانه‌ای ۳۸۱

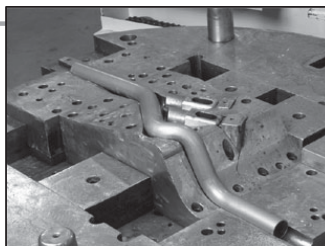


فصل یازدهم شبیه‌سازی فرآیند خمکاری (نورد) تیر آهن ۴۰۳



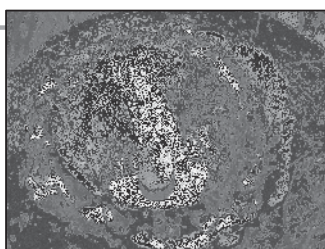
شبییه‌سازی فرآیند هیدروفرمینگ لوله ۴۲۷

فصل دوازدهم



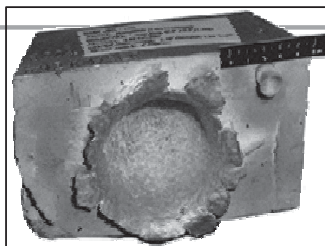
شبییه‌سازی آسیب ناشی از ضربه سرعت بالای
ضربه‌زننده‌ای از جنس طلا بر روی جسم هدف
سرامیکی ۴۶۳

فصل سیزدهم



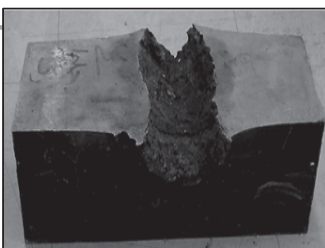
شبییه‌سازی آسیب ناشی از نفوذ پرتابه صلب
در هدف فولادی ۴۸۹

فصل چهاردهم



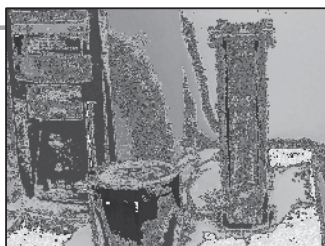
شبییه‌سازی آسیب ناشی از ضربه مایل پرتابه
تغییر شکل‌پذیر در هدف فولادی ۵۱۱

فصل پانزدهم



تحلیل ارتعاشات آزاد و اجباری (تحت
تحریک هارمونیک) یک تیر تحت پیش‌بار
کششی با شرایط مرزی یک سر مفصل، یک
سر فنر و دمپر ۵۴۱

فصل شانزدهم



تحلیل ارتعاشات سد بتنی با تحریک
پایه ۵۵۹

فصل هفدهم



تحلیل الاستیک- پلاستیک زانویی جدار
نازک تحت خمش درون صفحه‌ای و فشار
داخلی ۵۸۳

فصل هجدهم



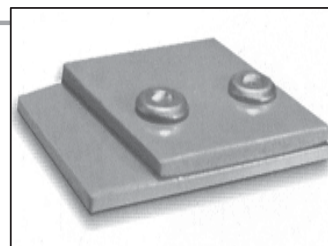
شبیه‌سازی یک ماده منفجره بین دو
لوله ۶۰۱

فصل نوزدهم



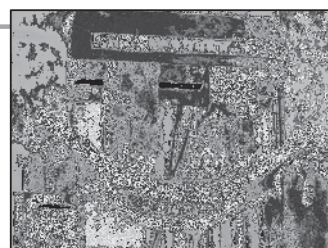
تحلیل اتصال لبه‌ای پرچ شده با استفاده از
تکنیک زیر مدلسازی پوسته به جامد ۶۲۵

فصل بیستم



مدلسازی ترک و محاسبه پارامترهای
مکانیک شکست در نمونه خمشی چهار
نقطه‌ای ۶۵۹

فصل بیست و یکم



فصل بیست و دوم شبیه‌سازی فرآیند رشد ترک در نمونه فشرده کششی (CT) ۶۸۳



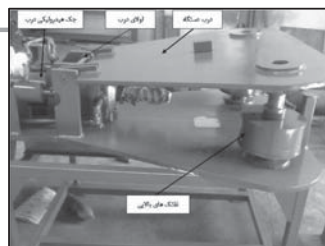
فصل بیست و سوم مدل‌سازی ترک نیم بیضوی (سه بعدی) در مخزن استوانه‌ای تحت فشار داخلی ثابت و فشار خارجی متغیر با مکان و زمان ۷۰۹



فصل بیست و چهارم تحلیل انتقال حرارت در مانیفولد تحت سه مود هدایت، همرفت و تشعشع ۷۴۳



فصل بیست و پنجم بهینه‌سازی ورق‌های درب و شاسی دستگاه خم‌کن تیر آهن ۷۵۳



فصل بیست و ششم مدل‌سازی جریان سیال مغشوش در لوله صلب ۷۷۹



مروری کلی بر نرم افزار (آشنایی مقدماتی)



• در این فصل می آموزیم

- ❖ مقدمه‌ای از روش های حل مسائل مهندسی
- ❖ آشنایی با محیط CAE نرم افزار
- ❖ آشنایی با ماژول Part
- ❖ آشنایی با ماژول Property
- ❖ آشنایی با ماژول Assembly
- ❖ آشنایی با ماژول Step
- ❖ آشنایی با ماژول Interaction
- ❖ آشنایی با ماژول Load
- ❖ آشنایی با ماژول Mesh
- ❖ آشنایی با ماژول Optimization
- ❖ آشنایی با ماژول Job
- ❖ آشنایی با ماژول Visualization
- ❖ آشنایی با ماژول Sketch