

کاملترین مرجع کاربردی

# ABAQUS

(سطح پیشرفته، ویژه مکانیک)

نویسنده

مهندس بابک سرشاری

مهندس سهیل سرشاری



انتشارات نگارنده دانش

|                     |                                                                                             |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| سروش‌نامه           | : رواجی، بابک.                                                                              |
| عنوان و نام پدیدآور | : کاملترین مرجع کاربردی ABAQUS (سطح پیشرفته، ویژه مکانیک)/ نوشته بابک رواجی، سهیل سروش‌نیا. |
| مشخصات نشر          | : تهران: نگارنده دانش، ۱۳۹۳.                                                                |
| مشخصات ظاهری        | : ۶۰۰ ص (شانزده + ۵۸۴)، مصور، جدول.                                                         |
| شابک                | : ۹۷۸-۶۰۰-۶۱۹۰-۵۷-۰.                                                                        |
| وضعیت فهرست‌نویسی   | : فیا                                                                                       |
| موضوع               | : ایاکوس                                                                                    |
| موضوع               | : روش المان‌های محدود -- نرم‌افزار                                                          |
| موضوع               | : تحلیل سازه -- برنامه‌های کامپیوتری                                                        |
| شناسه افزوده        | : سروش‌نیا، سهیل                                                                            |
| رده‌بندی کنگره      | : ۱۳۹۳ ۹۸۶/۹۸۴۷ TAT۳۴۷                                                                      |
| رده‌بندی دیویی      | : ۶۲۰/۰۰۱۵۱۸۳۵                                                                              |
| شابک ملی            | : ۳۵۷۶۹۰۷                                                                                   |

## کاملترین مرجع کاربردی ABAQUS (سطح پیشرفته، ویژه مکانیک)

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| مهندس بابک رواجی       | نویسنده               |
| مهندس سهیل سروش‌نیا    | نویسنده               |
| دکتر علی کلانتری       | ویراسته               |
| رواجی، بابک            | حروفچینی              |
| گلپایگانه، فاطمه، یکتا | لیتوگرافی، چاپ، صحافی |
| اول، ۱۳۹۳              | نوبت چاپ              |
| ۶۰۰، وزیری             | تعداد صفحات، قطع      |
| ۱۰۰۰ نسخه              | تعداد                 |
| ۲۹۰۰۰ تومان            | بها                   |

[www.negarandedanesh.com](http://www.negarandedanesh.com)

نگارنده دانش تلفن: ۶۶۹۶۲۰۵۳ - ۶۶۹۶۲۳۰۵

آزاده تلفن: ۶۶۴۱۴۳۷۴ کتاب دانشگاهی تلفن: ۶۶۴۱۸۵۸۶

نوپردازان تلفن: ۶۶۴۱۴۵۱۵ سیمای دانش تلفن: ۶۶۹۶۶۱۱۵

هرگونه تکثیر، اسکن یا کپی‌برداری از تمام یا بخشی از مطالب این کتاب حتی با ذکر منبع، بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است. هیچ فرد حقیقی یا حقوقی اجازه تولید و انتشار لوح یا مجموعه آموزشی از این اثر را به هر نحو ندارد.

## سخن ناشر

با توسعه روزافزون دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی در کشور، اهمیت انتشار کتاب‌ها و منابع علمی مناسب برای کسانی که به پژوهش، تدریس، یا تحصیل در سطوح مختلف آموزش عالی مشغول هستند، کاملاً روشن است. از طرفی از سال‌ها پیش، کمبود کتاب‌های علمی مناسب، چه از نظر محتوی و چه از نظر مواردی همچون نحوه نگارش، ترجمه، و ویرایش در سطح دانشگاه کاملاً محسوس بوده است. انتشارات نگارنده دانش با تکیه بر تجربه مؤسسه خود و شناخت آسیب‌های موجود در صنعت نشر، برای ایفای بخشی از رسالت خود و جبران جزئی از این کمبودها، اقدام به چاپ و نشر کتاب‌های دانشگاهی در زمینه‌های فنی مهندسی، علوم پایه و کامپیوتر به صورت تدوین و ترجمه کرده است.

در این راستا، این انتشارات همواره کوشیده است تا با بررسی کتاب‌های جدید منتشر شده توسط ناشرین معتبر بین‌المللی، دریافت بیش‌هادهای چاپ کتاب‌های مورد نظر اساتید محترم دانشگاه، تعامل با مراکز علمی و دانشگاهی، و همکاری با مؤلفین و مترجمین خبره برای تحصیلات مرتبط، همواره با نشر کتاب‌های برگزیده و مورد تأیید اساتید دانشگاه، پاسخگوی این جامعه علمی کشور باشد.

بدیهی است پیشنهادها و انتقادات سازنده جامعه علمی کشور، ما را در بهبود کار و انجام هرچه بهتر وظیفه‌ای که بر عهده گرفته‌ایم یاری خواهد کرد.

مدیر مسئول

مهندس علی کلاتری

a-kalantari@hotmail.com

## پیشگفتار

زمان زیادی از معرفی نرم افزار تحلیل مهندسی Abaqus در جامعه مهندسی و دانشجویی کشورمان نمی گذرد و در این مدت کوتاه، این نرم افزار توانسته است کاملاً جای خود را در محیط های صنعتی و دانشگاهی باز کند. زمانی که برای اولین بار به توصیه استاد گران قدرم آقای دکتر حمیدرضا کاتوزیان کار با این نرم افزار را آغاز کردم به سختی می توانستم تصور کنم که به فاصله چند سال مشغول نوشتن مقدمه کتابی در خصوص آموزش این نرم افزار باشم.

نرم افزار Abaqus یکی از قدرتمندترین نرم افزارهای مهندسی در زمینه تحلیل به شیوه اجزاء محدود است. در سال ۲۰۰۵ با خرید مجموعه Abaqus توسط شرکت Dassault Systèmes جهش بزرگی در ساختار این نرم افزار رخ داد و توانست به سرعت جایگاه خود را در صنعت و دانشگاه محکم تر از قبل کند. با در نظر داشتن این نکته که مخاطب اکثر نرم افزارهای تحلیل اجزاء محدود شرکت های خودروسازی و صنایع هوایی بوده و خودروسازان امروزه بزرگترین زنجیره مشتریان این نرم افزارها را تشکیل می دهند، در مورد توانایی ها و قابلیت های این نرم افزار Abaqus ذکر این واقعیت کافیتست که شرکت خودروسازی BMW در تمامی مراحل طراحی خودروهای خود برای انجام تحلیل ها صرفاً از نرم افزار Abaqus استفاده می کند.

با توجه به بازخورد مؤثر کتاب سطح ابتدای این مجموعه چندجلدی و با علم به نیاز دانشجویان و جامعه علمی و مهندسی کشور به مجموعه آموزشی مناسب از این نرم افزار، برای تکمیل این مجموعه آموزشی بر آن شدیم تا کتاب حاضر را با تمرکز بر مسائل مهندسی مکانیک در سطح شرفروشی رشته تحریر درآوریم. به تجربه ثابت شده است که بهترین راه برای آموزش چنین نرم افزارهایی بیان مفاهیم و روش حل مسائل ساده و در عین حال کاربردی است. این کتاب شامل هجده مثال آموزشی - کاربردی متنوع و مناسب و دربرگیرنده مجموعه ای فنی مهندسی مکانیک، هوافضا، مواد و مهندسی پزشکی است که می تواند پاسخگو و راهنمای انجام کارشناسان دانشجویان کلیه مقاطع تحصیلی به ویژه در مقاطع کارشناسی ارشد و دکترا باشد.

برای نگارش کتاب و انتخاب مثال ها، زبانی روان همراه با برابری مفهومی اتخاذ شده و از بیان معادلات پیچیده ریاضی پرهیز شده است. سال ها کار و تجربه در زمینه تحلیل های مهندسی مکانیک به روش اجزاء محدود و تدریس نرم افزار و از همه مهم تر سؤالات و بازخوردهای فراوان دانشجویان در این زمینه به بخش طراحی ساختار کتاب و مثال ها بوده است. در طراحی مثال ها به عمد از هندسه های بسیار ساده استفاده شده تا تمرکز بر محتوای فصل ها روی انتقال مفاهیم و شیوه های مدل سازی اجزاء محدود باشد. این امر باعث خواهد شد تا تمامی مراحل انجام کار توسط طیف وسیعی از مخاطبان از مبتدی تا حرفه ای به طور کامل و به دور از اشتباه قابل انجام باشد.

تشکر و قدردانی ویژه از آن مدیریت محترم انتشارات نگارنده دانش، جناب آقای مهندس حسن ثلاثی است. همچنین از گروه محترم تولید انتشارات به خاطر دقت و زحماتشان در چاپ این کتاب کمال تشکر را داریم. تهیه مرجع آموزشی برای چنین نرم افزاری مطمئناً خالی از اشکال نخواهد بود. از خوانندگان عزیز خواهشمند است با نظرات و پیشنهادات سازنده خود ما را در بالا بردن کیفیت کتاب یاری رسانند.

بابک رواجی

www.ravaji.com

سهیل سروش نیا

soheil.soroushnia@gmail.com

## فهرست مطالب

|    |                                              |
|----|----------------------------------------------|
| ۱  | فصل ۱. تحلیل بارگذاری روی قلاب فولادی .....  |
| ۲  | ۱.۱ مقدمه .....                              |
| ۲  | ۲.۱ مرحله پیش‌پردازش مدل .....               |
| ۴  | ۱.۲.۱ ساخت هندسه مدل .....                   |
| ۱۲ | ۲.۲.۱ تعریف مشخصات مصالح و سطح مقطع .....    |
| ۱۷ | ۳.۲.۱ مونتاژ مدل .....                       |
| ۱۷ | ۴.۲.۱ تعریف مراحل تحلیل .....                |
| ۱۸ | ۵.۲.۱ تعریف بارگذاری و شرایط تکیه‌گاهی ..... |
| ۲۲ | ۶.۲.۱ مش‌بندی .....                          |
| ۲۴ | ۳.۱ مرحله پردازش مدل .....                   |
| ۲۴ | ۱.۳.۱ ایجاد یک Job .....                     |
| ۲۵ | ۲.۳.۱ پردازش مدل .....                       |
| ۲۶ | ۴.۱ مرحله پس‌پردازش مدل .....                |
| ۲۶ | ۱.۴.۱ نمایش نتایج تحلیل .....                |
| ۲۷ | ۲.۴.۱ بررسی استقلال از شبکه .....            |
| ۳۱ | فصل ۲. تحلیل خطی سختی ورق‌ها .....           |
| ۳۲ | ۱.۲ مقدمه .....                              |
| ۳۲ | ۲.۲ مرحله پیش‌پردازش مدل اول .....           |
| ۳۳ | ۱.۲.۲ ساخت هندسه مدل .....                   |
| ۳۵ | ۲.۲.۲ تعریف مشخصات مصالح و سطح مقطع .....    |
| ۳۹ | ۳.۲.۲ مونتاژ مدل .....                       |
| ۳۹ | ۴.۲.۲ تعریف مراحل تحلیل .....                |
| ۴۰ | ۵.۲.۲ تعریف بارگذاری و شرایط تکیه‌گاهی ..... |
| ۴۷ | ۶.۲.۲ مش‌بندی .....                          |
| ۴۹ | ۷.۲.۲ تنظیمات رسم نمودار .....               |
| ۵۱ | ۳.۲ مرحله پردازش مدل اول .....               |
| ۵۱ | ۱.۳.۲ ایجاد یک Job .....                     |
| ۵۱ | ۲.۳.۲ پردازش مدل اول .....                   |
| ۵۲ | ۴.۲ مرحله پس‌پردازش مدل اول .....            |
| ۵۲ | ۱.۴.۲ نمایش نتایج تحلیل .....                |
| ۵۸ | ۵.۲ مرحله پیش‌پردازش مدل دوم .....           |

|    |       |                             |
|----|-------|-----------------------------|
| ۵۹ | ..... | ۱.۵.۲ ساخت هندسه مدل        |
| ۶۲ | ..... | ۲.۵.۲ تکمیل مراحل مدل سازی  |
| ۶۳ | ..... | ۶.۲ مرحله پردازش مدل دوم    |
| ۶۳ | ..... | ۱.۶.۲ ایجاد یک Job          |
| ۶۳ | ..... | ۲.۶.۲ پردازش مدل دوم        |
| ۶۴ | ..... | ۷.۲ مرحله پس پردازش مدل دوم |
| ۶۴ | ..... | ۱.۷.۲ نمایش نتایج تحلیل     |

### فصل ۳. تحلیل غیرخطی سختی ورق ها ..... ۶۷

|    |       |                         |
|----|-------|-------------------------|
| ۶۸ | ..... | ۱ مقدمه                 |
| ۶۸ | ..... | مرحله پیش پردازش مدل    |
| ۶۹ | ..... | ۳.۱ مرحله پردازش مدل    |
| ۶۹ | ..... | ۱.۳.۱ ایجاد یک Job      |
| ۷۰ | ..... | ۲.۳.۱ پردازش مدل        |
| ۷۲ | ..... | ۴.۳ مرحله پس پردازش مدل |
| ۷۲ | ..... | ۱.۴.۳ نمایش نتایج تحلیل |

### فصل ۴. تحلیل فرکانس تحلیل مدل خودرو ..... ۷۹

|     |       |                                        |
|-----|-------|----------------------------------------|
| ۸۰  | ..... | ۱.۴ مقدمه                              |
| ۸۰  | ..... | ۲.۴ مرحله پیش پردازش مدل               |
| ۸۱  | ..... | ۱.۲.۴ ساخت هندسه مدل                   |
| ۸۹  | ..... | ۲.۲.۴ تعریف مشخصات مصالح و سطح مقطع    |
| ۹۱  | ..... | ۳.۲.۴ مونتاژ مدل                       |
| ۹۱  | ..... | ۴.۲.۴ تعریف مراحل تحلیل                |
| ۹۳  | ..... | ۵.۲.۴ تعریف بارگذاری و شرایط تکیه گاهی |
| ۹۵  | ..... | ۶.۲.۴ مش بندی                          |
| ۹۷  | ..... | ۳.۴ مرحله پردازش مدل                   |
| ۹۷  | ..... | ۱.۳.۴ ایجاد یک Job                     |
| ۹۷  | ..... | ۲.۳.۴ پردازش مدل                       |
| ۹۷  | ..... | ۴.۴ مرحله پس پردازش مدل                |
| ۹۷  | ..... | ۱.۴.۴ نمایش نتایج تحلیل                |
| ۱۰۴ | ..... | ۲.۴.۴ بررسی استقلال از شبکه            |

### فصل ۵. تحلیل ترک دوبعدی ..... ۱۰۷

|     |       |                          |
|-----|-------|--------------------------|
| ۱۰۸ | ..... | ۱.۵ مقدمه                |
| ۱۰۹ | ..... | ۲.۵ مرحله پیش پردازش مدل |
| ۱۱۰ | ..... | ۱.۲.۵ ساخت هندسه مدل     |

|     |                                        |
|-----|----------------------------------------|
| ۱۱۳ | ۲.۲.۵ تعریف مشخصات مصالح و سطح مقطع    |
| ۱۱۵ | ۳.۲.۵ مونتاژ مدل                       |
| ۱۱۶ | ۴.۲.۵ تعریف مراحل تحلیل                |
| ۱۱۷ | ۵.۲.۵ تعریف اندرکنش‌های مدل            |
| ۱۲۴ | ۶.۲.۵ تعریف بارگذاری و شرایط تکیه‌گاهی |
| ۱۲۶ | ۷.۲.۵ مش‌بندی                          |
| ۱۳۲ | ۸.۲.۵ تنظیمات خروجی‌ها                 |
| ۱۳۳ | ۳.۵ مرحلهٔ پردازش مدل                  |
| ۱۳۳ | ۱.۳.۵ ایجاد یک Job                     |
| ۱۳۴ | ۲.۳.۵ پردازش مدل                       |
| ۱۳۴ | ۴.۵ مرحلهٔ پس‌پردازش مدل               |
| ۱۳۴ | ۱.۴.۵ نمایش نتایج تحلیل                |
| ۱۳۶ | ۲.۴.۵ مقادیر K                         |
| ۱۴۱ | فصل ۶ تحلیل ترک هیدرولیک به روش XFEM   |
| ۱۴۲ | ۱.۶ مقدمه                              |
| ۱۴۲ | ۲.۶ مرحلهٔ پیش‌پردازش مدل              |
| ۱۴۳ | ۱.۲.۶ ساخت هندسهٔ مدل                  |
| ۱۴۶ | ۲.۲.۶ تعریف مشخصات مصالح و سطح مقطع    |
| ۱۵۲ | ۳.۲.۶ مونتاژ مدل                       |
| ۱۵۳ | ۴.۲.۶ تعریف مراحل تحلیل                |
| ۱۵۴ | ۵.۲.۶ تعریف ترک XFEM                   |
| ۱۵۸ | ۶.۲.۶ تعریف اندرکنش‌های مدل            |
| ۱۶۰ | ۷.۲.۶ تعریف بارگذاری و شرایط تکیه‌گاهی |
| ۱۶۲ | ۸.۲.۶ مش‌بندی                          |
| ۱۶۵ | ۹.۲.۶ تنظیمات خروجی‌ها                 |
| ۱۶۶ | ۳.۶ مرحلهٔ پردازش مدل                  |
| ۱۶۶ | ۱.۳.۶ ایجاد یک Job                     |
| ۱۶۷ | ۲.۳.۶ پردازش مدل                       |
| ۱۶۸ | ۴.۶ مرحلهٔ پس‌پردازش مدل               |
| ۱۶۸ | ۱.۴.۶ نمایش نتایج تحلیل                |
| ۱۷۰ | ۲.۴.۶ بررسی استقلال از شبکه            |
| ۱۷۳ | فصل ۷ تحلیل ترک سه‌بعدی به روش XFEM    |
| ۱۷۴ | ۱.۷ مقدمه                              |
| ۱۷۴ | ۲.۷ مرحلهٔ پیش‌پردازش مدل              |
| ۱۷۵ | ۱.۲.۷ ساخت هندسهٔ مدل                  |

|     |                                        |
|-----|----------------------------------------|
| ۱۷۷ | تعریف مشخصات مصالح و سطح مقطع          |
| ۱۸۲ | مونتاز مدل                             |
| ۱۸۲ | تعریف مراحل تحلیل                      |
| ۱۸۳ | تعریف ترک XFEM                         |
| ۱۸۵ | تعریف اندرکنش های مدل                  |
| ۱۸۷ | تعریف بارگذاری و شرایط تکیه گاهی       |
| ۱۸۸ | مش بندی                                |
| ۱۸۹ | تنظیمات خروجی ها                       |
| ۱۹۰ | مرحله پردازش مدل                       |
| ۱۹۰ | ایجاد یک Job                           |
| ۱۹۱ | پردازش مدل                             |
| ۱۹۱ | مرحله پس پردازش مدل                    |
| ۱۹۱ | نمایش نتایج تحلیل                      |
| ۱۹۵ | <b>فصل ۱.۸ استفاده از مش تطبیقی</b>    |
| ۱۹۶ | ۱.۸ مقدمه                              |
| ۱۹۶ | ۲.۸ مرحله پیش پردازش مدل               |
| ۱۹۷ | ۱.۲.۸ ساخت هندسه مدل                   |
| ۲۰۱ | ۲.۲.۸ تعریف مشخصات مصالح و سطح مقطع    |
| ۲۰۳ | ۳.۲.۸ مونتاز مدل                       |
| ۲۰۴ | ۴.۲.۸ تعریف مراحل تحلیل                |
| ۲۰۵ | ۵.۲.۸ تعریف بارگذاری و شرایط تکیه گاهی |
| ۲۰۷ | ۶.۲.۸ مش بندی                          |
| ۲۱۲ | ۳.۸ مرحله پردازش مدل                   |
| ۲۱۲ | ۱.۳.۸ ایجاد یک Job                     |
| ۲۱۲ | ۲.۳.۸ پردازش مدل                       |
| ۲۱۴ | ۴.۸ مرحله پردازش مدل                   |
| ۲۱۴ | ۱.۴.۸ مشاهده نتایج تحلیل               |
| ۲۱۷ | ۵.۸ اصلاح مدل اول                      |
| ۲۱۷ | ۱.۵.۸ تنظیمات مش بندی تطبیقی           |
| ۲۱۸ | ۲.۵.۸ ایجاد Job و اجرای مدل            |
| ۲۲۱ | <b>فصل ۹. مدل سازی فرایند اکستروژن</b> |
| ۲۲۲ | ۱.۹ مقدمه                              |
| ۲۲۲ | ۲.۹ مرحله پیش پردازش مدل شبه استاتیکی  |
| ۲۲۳ | ۱.۲.۹ ساخت هندسه مدل                   |
| ۲۲۸ | ۲.۲.۹ تعریف مشخصات مصالح و سطح مقطع    |



|     |                                              |
|-----|----------------------------------------------|
| ۳۳۱ | ..... ۳.۲.۹ مونتاژ مدل                       |
| ۳۳۳ | ..... ۴.۲.۹ تعریف مراحل تحلیل                |
| ۳۳۸ | ..... ۵.۲.۹ تعریف اندرکنش‌های مدل            |
| ۳۴۵ | ..... ۶.۲.۹ تعریف بارگذاری و شرایط تکیه‌گاهی |
| ۳۵۳ | ..... ۷.۲.۹ مش‌بندی                          |
| ۳۵۶ | ..... ۳.۹ مرحلهٔ پردازش مدل                  |
| ۳۵۶ | ..... ۱.۳.۹ ایجاد یک Job                     |
| ۳۵۷ | ..... ۲.۳.۹ پردازش مدل                       |
| ۳۵۷ | ..... ۴.۹ مرحلهٔ پس‌پردازش مدل               |
| ۳۵۷ | ..... ۱.۴.۹ پیش‌نتایج تحلیل                  |
| ۳۶۲ | ..... ۵.۹ مرحلهٔ پیش‌پردازش مدل دینامیکی     |
| ۳۶۲ | ..... ۱.۵.۹ نتایج مراحل تحلیل                |
| ۳۶۳ | ..... ۲.۵.۹ تعریف اندرکنش‌های مدل            |
| ۳۶۴ | ..... ۳.۵.۹ تعریف بارگذاری و شرایط تکیه‌گاهی |
| ۳۶۶ | ..... ۴.۵.۹ مش‌بندی                          |
| ۳۶۶ | ..... ۶.۹ مرحلهٔ پردازش مدل                  |
| ۳۶۶ | ..... ۷.۹ مرحلهٔ پس‌پردازش مدل               |
| ۳۶۶ | ..... ۱.۷.۹ نمایش نتایج تحلیل                |
| ۳۶۹ | ..... ۸.۹ اعمال مش‌بندی تطبیقی               |

## فصل ۱۰. آشنایی با اتصالات (۱) ..... ۳۷۵

|     |                                               |
|-----|-----------------------------------------------|
| ۳۷۶ | ..... ۱.۱۰ مقدمه                              |
| ۳۷۶ | ..... ۲.۱۰ مرحلهٔ پیش‌پردازش مدل              |
| ۳۷۶ | ..... ۱.۲.۱۰ ساخت هندسهٔ مدل                  |
| ۳۷۸ | ..... ۲.۲.۱۰ تعریف مشخصات مصالح و سطح مقطع    |
| ۳۸۰ | ..... ۳.۲.۱۰ مونتاژ مدل                       |
| ۳۸۴ | ..... ۴.۲.۱۰ تعریف مراحل تحلیل                |
| ۳۸۴ | ..... ۵.۲.۱۰ تعریف اندرکنش‌های مدل            |
| ۳۸۹ | ..... ۶.۲.۱۰ تعریف بارگذاری و شرایط تکیه‌گاهی |
| ۳۹۲ | ..... ۷.۲.۱۰ مش‌بندی                          |
| ۳۹۳ | ..... ۳.۱۰ مرحلهٔ پردازش مدل                  |
| ۳۹۳ | ..... ۱.۳.۱۰ ایجاد یک Job                     |
| ۳۹۴ | ..... ۲.۳.۱۰ پردازش مدل                       |
| ۳۹۴ | ..... ۴.۱۰ مرحلهٔ پس‌پردازش مدل               |
| ۳۹۴ | ..... ۱.۴.۱۰ نمایش نتایج تحلیل                |

|     |                                         |
|-----|-----------------------------------------|
| ۲۹۹ | فصل ۱۱. آشنایی با اتصالات (۲)           |
| ۳۰۰ | ۱.۱۱ مقدمه                              |
| ۳۰۰ | ۲.۱۱ مرحله پیش‌پردازش مدل               |
| ۳۰۱ | ۱.۲.۱۱ ساخت هندسه مدل                   |
| ۳۰۳ | ۲.۲.۱۱ تعریف مشخصات مصالح و سطح مقطع    |
| ۳۰۳ | ۳.۲.۱۱ مونتاژ مدل                       |
| ۳۰۵ | ۴.۲.۱۱ تعریف مراحل تحلیل                |
| ۳۰۵ | ۵.۲.۱۱ تعریف اندرکنش‌های مدل            |
| ۳۱۵ | ۶.۲.۱۱ تعریف بارگذاری و شرایط تکیه‌گاهی |
| ۳۱۷ | ۷.۲.۱۱ مش‌بندی                          |
| ۳۱۸ | ۳.۱ مرحله پردازش مدل                    |
| ۳۱۸ | ۱.۳.۱ ایجاد یک Job                      |
| ۳۱۸ | ۱.۴.۱۱ نمایش نتایج مدل                  |
| ۳۱۸ | ۴.۱۱ مرحله پردازش مدل                   |
| ۳۱۸ | ۱.۴.۱۱ نمایش نتایج مدل                  |
| ۳۲۰ | ۵.۱۱ تکمیل مدل                          |
| ۳۲۷ | فصل ۱۲. آشنایی با اتصالات (۳)           |
| ۳۲۸ | ۱.۱۲ مقدمه                              |
| ۳۲۸ | ۲.۱۲ مرحله پیش‌پردازش مدل اول           |
| ۳۲۸ | ۱.۲.۱۲ ساخت هندسه مدل                   |
| ۳۳۳ | ۲.۲.۱۲ تعریف مشخصات مصالح و سطح مقطع    |
| ۳۳۴ | ۳.۲.۱۲ مونتاژ مدل                       |
| ۳۳۷ | ۴.۲.۱۲ تعریف مراحل تحلیل                |
| ۳۴۰ | ۵.۲.۱۲ تعریف اندرکنش‌های مدل            |
| ۳۴۷ | ۶.۲.۱۲ تعریف بارگذاری و شرایط تکیه‌گاهی |
| ۳۴۸ | ۷.۲.۱۲ مش‌بندی                          |
| ۳۵۳ | ۸.۲.۱۲ تنظیمات خروجی‌های تحلیل          |
| ۳۵۶ | ۳.۱۲ مرحله پردازش مدل اول               |
| ۳۵۶ | ۱.۳.۱۲ ایجاد یک Job                     |
| ۳۵۷ | ۲.۳.۱۲ پردازش مدل                       |
| ۳۵۸ | ۴.۱۲ مرحله پس‌پردازش مدل اول            |
| ۳۵۸ | ۱.۴.۱۲ نمایش نتایج تحلیل                |
| ۳۶۲ | ۵.۱۲ مرحله پیش‌پردازش مدل دوم           |
| ۳۶۲ | ۱.۵.۱۲ ساخت هندسه مدل                   |

|     |       |                                         |
|-----|-------|-----------------------------------------|
| ۳۶۵ | ..... | ۲.۵.۱۲ تعریف مشخصات مصالح و سطح مقطع    |
| ۳۶۶ | ..... | ۳.۵.۱۲ مونتاژ مدل                       |
| ۳۶۹ | ..... | ۴.۵.۱۲ تعریف مراحل تحلیل                |
| ۳۷۱ | ..... | ۵.۵.۱۲ تعریف اندرکنش‌های مدل            |
| ۳۷۷ | ..... | ۶.۵.۱۲ تعریف بارگذاری و شرایط تکیه‌گاهی |
| ۳۸۱ | ..... | ۷.۵.۱۲ مش‌بندی                          |
| ۳۸۳ | ..... | ۸.۵.۱۲ تنظیمات خروجی‌های تحلیل          |
| ۳۸۴ | ..... | ۶.۱۲ مرحلهٔ پردازش مدل دوم              |
| ۳۸۴ | ..... | ۱.۶.۱۲ Job                              |
| ۳۸۵ | ..... | ۲.۶.۱۲ پردازش مدل                       |
| ۳۸۵ | ..... | ۷.۱۲ مرحلهٔ پس‌پردازش مدل دوم           |
| ۳۸۵ | ..... | ۱.۷.۱۲ نمایش نتایج تحلیل                |
| ۳۹۱ | ..... | <b>فصل ۱۳. برخورد</b>                   |
| ۳۹۲ | ..... | ۱.۱۳ مقدمه                              |
| ۳۹۲ | ..... | ۲.۱۳ مرحلهٔ پیش‌پردازش مدل              |
| ۳۹۲ | ..... | ۱.۲.۱۳ ساخت هندسهٔ مدل                  |
| ۳۹۶ | ..... | ۲.۲.۱۳ تعریف مشخصات مصالح و سطح مقطع    |
| ۳۹۹ | ..... | ۳.۲.۱۳ مونتاژ مدل                       |
| ۴۰۰ | ..... | ۴.۲.۱۳ تعریف مراحل تحلیل                |
| ۴۰۲ | ..... | ۵.۲.۱۳ تعریف اندرکنش‌های مدل            |
| ۴۰۵ | ..... | ۶.۲.۱۳ تعریف بارگذاری و شرایط تکیه‌گاهی |
| ۴۰۸ | ..... | ۷.۲.۱۳ مش‌بندی                          |
| ۴۰۹ | ..... | ۳.۱۳ مرحلهٔ پردازش مدل                  |
| ۴۰۹ | ..... | ۱.۳.۱۳ ایجاد یک Job                     |
| ۴۱۰ | ..... | ۲.۳.۱۳ پردازش مدل                       |
| ۴۱۱ | ..... | ۴.۱۳ مرحلهٔ پس‌پردازش مدل               |
| ۴۱۱ | ..... | ۱.۴.۱۳ نمایش نتایج تحلیل                |
| ۴۱۴ | ..... | ۵.۱۳ فرایند تکمیل مدل                   |
| ۴۲۱ | ..... | <b>فصل ۱۴. هاپیرالاستیک</b>             |
| ۴۲۲ | ..... | ۱.۱۴ مقدمه                              |
| ۴۲۳ | ..... | ۲.۱۴ مرحلهٔ پیش‌پردازش مدل              |
| ۴۲۳ | ..... | ۱.۲.۱۴ ساخت هندسهٔ مدل                  |
| ۴۲۳ | ..... | ۲.۲.۱۴ تعریف مشخصات مصالح و سطح مقطع    |

|     |       |                                         |
|-----|-------|-----------------------------------------|
| ۴۳۵ | ..... | ۳.۲.۱۴ مونتاژ مدل                       |
| ۴۳۶ | ..... | ۴.۲.۱۴ تعریف مراحل تحلیل                |
| ۴۳۷ | ..... | ۵.۲.۱۴ تعریف اندرکنش‌های مدل            |
| ۴۳۹ | ..... | ۶.۲.۱۴ تعریف بارگذاری و شرایط تکیه‌گاهی |
| ۴۴۴ | ..... | ۷.۲.۱۴ مش‌بندی                          |
| ۴۴۶ | ..... | ۸.۲.۱۴ تنظیمات خروجی‌ها                 |
| ۴۴۷ | ..... | ۳.۱۴ مرحله پردازش مدل                   |
| ۴۴۷ | ..... | ۱.۳.۱۴ ایجاد یک Job                     |
| ۴۴۸ | ..... | ۲.۳ پردازش مدل                          |
| ۴۴۹ | ..... | ۴ مرحله پس‌پردازش مدل                   |
| ۴۴۹ | ..... | ۱.۴.۱۴ نمایش نتایج تحلیل                |

## فصل ۱۵. انتقال حر

|     |       |                                         |
|-----|-------|-----------------------------------------|
| ۴۵۶ | ..... | ۱.۱۵ مقدمه                              |
| ۴۵۶ | ..... | ۲.۱۵ مرحله پیش‌پردازش                   |
| ۴۵۶ | ..... | ۱.۲.۱۵ ساخت هندسه مدل                   |
| ۴۶۰ | ..... | ۲.۲.۱۵ تعریف مشخصات مصالح سطح مقطع      |
| ۴۶۱ | ..... | ۳.۲.۱۵ مونتاژ مدل                       |
| ۴۶۲ | ..... | ۴.۲.۱۵ تعریف مراحل تحلیل                |
| ۴۶۳ | ..... | ۵.۲.۱۵ تعریف اندرکنش‌های مدل            |
| ۴۶۶ | ..... | ۶.۲.۱۵ تعریف بارگذاری و شرایط تکیه‌گاهی |
| ۴۷۰ | ..... | ۷.۲.۱۵ مش‌بندی                          |
| ۴۷۱ | ..... | ۳.۱۵ مرحله پردازش مدل                   |
| ۴۷۱ | ..... | ۱.۳.۱۵ ایجاد یک Job                     |
| ۴۷۲ | ..... | ۲.۳.۱۵ پردازش مدل                       |
| ۴۷۲ | ..... | ۴.۱۵ مرحله پس‌پردازش مدل                |
| ۴۷۲ | ..... | ۱.۴.۱۵ نمایش نتایج تحلیل                |
| ۴۷۴ | ..... | ۲.۴.۱۵ بررسی استقلال از شبکه            |

## فصل ۱۶. حذف المان

|     |       |                                         |
|-----|-------|-----------------------------------------|
| ۴۷۸ | ..... | ۱.۱۶ مقدمه                              |
| ۴۷۸ | ..... | ۲.۱۶ مرحله پیش‌پردازش مدل               |
| ۴۷۸ | ..... | ۱.۲.۱۶ تعریف بارگذاری و شرایط تکیه‌گاهی |
| ۴۷۹ | ..... | ۲.۲.۱۶ مش‌بندی                          |
| ۴۸۰ | ..... | ۳.۱۶ مرحله پردازش مدل                   |

|     |                                                       |
|-----|-------------------------------------------------------|
| ۴۸۰ | ..... ۱.۳.۱۶ ایجاد یک Job                             |
| ۴۸۰ | ..... ۴.۱۶ مرحله پس پردازش مدل                        |
| ۴۸۰ | ..... ۱.۴.۱۶ نمایش نتایج تحلیل                        |
| ۴۸۱ | ..... ۵.۱۶ فرایند تکمیل مدل                           |
| ۴۸۱ | ..... ۱.۵.۱۶ تعریف مراحل تحلیل                        |
| ۴۸۲ | ..... ۲.۵.۱۶ مش بندی                                  |
| ۴۸۳ | ..... ۳.۵.۱۶ اعمال تغییرات تکمیلی خارج از محیط ویژوال |
| ۴۸۸ | ..... ۶.۱۶ بررسی استقلال از شبکه                      |

|     |                                                       |
|-----|-------------------------------------------------------|
| ۴۹۵ | ..... فصل ۱۷. جدایی سطحی                              |
| ۴۹۶ | ..... ۱.۱۷ مقدمه                                      |
| ۴۹۶ | ..... ۲.۱۷ مرحله پیش پردازش مدل                       |
| ۴۹۶ | ..... ۱.۲.۱۷ ساخت شبکه                                |
| ۴۹۹ | ..... ۲.۲.۱۷ تعریف مشخصات مصالح و سطح مقطع            |
| ۵۰۱ | ..... ۳.۲.۱۷ مونتاژ مدل                               |
| ۵۰۴ | ..... ۴.۲.۱۷ تعریف مراحل تحلیل                        |
| ۵۰۵ | ..... ۵.۲.۱۷ تعریف اندرکنش های مدل                    |
| ۵۱۰ | ..... ۶.۲.۱۷ تعریف بارگذاری و شرایط تکیه گاهی         |
| ۵۱۳ | ..... ۷.۲.۱۷ مش بندی                                  |
| ۵۱۴ | ..... ۸.۲.۱۷ مقدمات تعریف جداول در مدل                |
| ۵۱۸ | ..... ۹.۲.۱۷ اعمال تغییرات تکمیلی خارج از محیط ویژوال |
| ۵۲۲ | ..... ۳.۱۷ مرحله پردازش مدل                           |
| ۵۲۲ | ..... ۱.۳.۱۷ ایجاد یک Job                             |
| ۵۲۳ | ..... ۲.۳.۱۷ پردازش مدل                               |
| ۵۲۳ | ..... ۴.۱۷ مرحله پس پردازش مدل                        |
| ۵۲۳ | ..... ۱.۴.۱۷ نمایش نتایج تحلیل                        |

|     |                                               |
|-----|-----------------------------------------------|
| ۵۲۵ | ..... فصل ۱۸. تحلیل گسترش ترک بر اثر خستگی    |
| ۵۲۶ | ..... ۱.۱۸ مقدمه                              |
| ۵۲۶ | ..... ۲.۱۸ مرحله پیش پردازش مدل               |
| ۵۲۷ | ..... ۱.۲.۱۸ تعریف مشخصات مصالح و سطح مقطع    |
| ۵۳۲ | ..... ۲.۲.۱۸ مونتاژ مدل                       |
| ۵۳۳ | ..... ۳.۲.۱۸ تعریف مراحل تحلیل                |
| ۵۳۸ | ..... ۴.۲.۱۸ تعریف اندرکنش های مدل            |
| ۵۴۰ | ..... ۵.۲.۱۸ تعریف بارگذاری و شرایط تکیه گاهی |

|     |                                                   |
|-----|---------------------------------------------------|
| ۵۴۴ | ۶.۲.۱۸ مش بندی                                    |
| ۵۴۶ | ۷.۲.۱۸ تنظیمات خروجی ها                           |
| ۵۴۸ | ۸.۲.۱۸ اعمال تغییرات تکمیلی در محیط Keywords      |
| ۵۵۳ | ۳.۱۸ مرحله پردازش مدل                             |
| ۵۵۳ | ۱.۳.۱۸ ایجاد یک Job                               |
| ۵۵۴ | ۲.۳.۱۸ پردازش مدل                                 |
| ۵۵۸ | ۴.۱۸ مرحله پس پردازش مدل                          |
| ۵۵۸ | ۱.۴.۱۸ نمایش نتایج تحلیل                          |
| ۵۶۳ | <b>پیوست ۱. مقدمه ای بر تحلیل های دینامیکی</b>    |
| ۵۶۴ | ۱.۱ آشنایی با پدیده های مکانیکی                   |
| ۵۶۵ | پ ۱ Explicit و Implicit                           |
| ۵۶۵ | پ ۱.۱ روش حل Explicit                             |
| ۵۶۶ | پ ۲.۲.۱ روش حل Implicit                           |
| ۵۶۷ | پ ۳.۱ انتخاب بین Explicit و Implicit              |
| ۵۷۱ | <b>پیوست ۲. شناخت عمیق تر از مجموعه نرم افزار</b> |
| ۵۷۲ | پ ۱.۲ ساختار عملکرد نرم افزار Abaqus              |
| ۵۷۳ | پ ۲.۲ ایجاد و ویرایش فایل های ورودی نرم افزار     |
| ۵۷۵ | پ ۳.۲ شناسایی دستورات Abaqus                      |
| ۵۷۸ | پ ۴.۲ استفاده از فایل های ورودی آماده             |