

مرجع راهنمای کاربرد MATLAB در تحلیل اجزاء محدود

ترجمه و تالیف

آرش رستمی

معصومه خسروی



نشر علم عمران

www.elme-omran.com

Info@elme-omran.com

عضو:



انجمن فنی نشران کتاب انگلیسی

این اثر مشمول قانون حمایت مولفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر و مؤلف، نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

سرشناسه	: رستمی، آرش، ۱۳۶۸ -
عنوان و نام پدیدآور	: مرجع راهنمای کاربرد Matlab در تحلیل اجزاء محدود/ ترجمه و تالیف آرش رستمی، معصومه خسروی.
وضعیت ویراست	: [ویراست ۲].
مشخصات نشر	: تهران: علم عمران، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ۶۶۸ص.
شابک	: ۵۴۰۰۰۰ ریال 978-600-5176-43-8
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
موضوع	: روش المان‌های محدود -- نرم افزار
موضوع	: متلب -- Software finite elements method -- MATLAB
شناسه افزوده	: خسروی، معصومه، ۱۳۵۹ -
رده بندی کنگره	: ۴۷/۳۹۶۹/۶ تا ۴۶
رده بندی دیویی	: ۶۲۰/۰۰۱۵۱۵۳۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۹۷۳۶۷۲



مرجع راهنمای کاربرد **MATLAB** در تحلیل اجزاء محدود
ترجمه و تالیف: آرش رستمی - معصومه خسروی

چاپ اول	پاییز ۱۳۹۶
چاپ	پرستش
تعداد و قطع صفحات	۶۶۸ صفحه و وزیری
شمارگان	۱۰۰۰
بهای کتاب	۵۴۰۰۰۰ ریال
شابک ۸-۴۳-۵۱۷۶-۶۰۰-۹۷۸	ISBN 978-600-5176-43-8

نشر علم عمران: تهران، یوسف آباد، خیابان جهان آراء، بین خیابانهای ۱۶ و ۱۸، پلاک ۳۳، طبقه دوم، واحد ۱۱
تلفن: ۸۸۳۵۳۹۳۰-۳۱ دورنگار: ۸۸۳۵۳۹۳۲
حقوق چاپ و نشر برای نشر علم عمران محفوظ است.

مقدمه ناشر

بی‌شک رشد و توسعه هر کشوری وابسته به میزان فرهنگ، اطلاعات و دانش افراد آن است. از ابزارهای توسعه دانش، تولید کتاب، مقالات، پایان‌نامه‌ها،... می‌باشد. در این راستا رسالت مؤسسات نشر بسیار مهم و اساسی است. نشر علم عمران به عنوان یک مرکز تخصصی جهت ارائه کتاب‌های تخصصی مهندسی عمران همواره سعی داشته تا در این زمینه با کمک فرهیختگان، اساتید و دانشجویان مجرب بتواند گام‌های اساسی در زمینه توسعه دانش مهندسی عمران و توسعه ساخت و آبادانی از طریق گسترش دانش بپردازد.

کتاب حاضر که توسط آقای مهندس آرش رستمی دانشجوی دکترای سازه و سرکار خانم مهندس معصومه خسروی به رشته تحریر درآمده است، از جمله کتابهای تخصصی در زمینه کاربرد متلب در تحلیل اجزاء محدود بوده و می‌تواند مرجع مناسبی برای علاقمندان به این موضوع باشد.

سیدمهدی داودنپی

مدیر نشر علم عمران

زندگی صحنه یکتای هنرمندی ماست

هرکسی نغمه خود خواند و از صحنه رود

صحنه پیوسته به جاست

خرم آن نغمه که مردم بسیار ندیده یاد...

با توجه به سرمایه گذاری شخصی در چاپ کتاب کلیه درآمدها حاصل از فروش کتب
به موسسات خیریه «حمایت از بیماران کلیوی» و «مهرانه» اهدا می گردد.

تقدیم به پدر و مادرم

دلسوز و مهربان و عزیزتر از جانم

که زحمتشان بابتیج واژه ای قابل قدر دانی نیست...

آرش رستمی

تقدیم به پدر و مادر عزیز و مهربانم

که در سختی‌ها و دشواری‌های زندگی، همواره یاور می‌دلسوز و فداکار

و پشتیبانی محکم و مطمئن برایم بوده‌اند

و

همسر عزیز و مهربانم مشوق و پشتیبانم

معصومه خسروی

پیشگفتار مؤلفین

روش اجزا محدود یکی از پر کاربردترین روش‌های عددی در حل مسائل در علوم فنی و مهندسی و نیز دیگر رشته‌ها می‌باشد. این محبوبیت به علت تلاش‌های صورت گرفته توسط محققین و دانشمندان مختلف در این زمینه تحقق یافته است. از نگاهی دیگر وجود نرم‌افزارهای قدرتمندی که با این شیوه مسائل را تجزیه و تحلیل می‌نمایند، خود گواهی دیگر بر کارایی این روش می‌باشد. از سوی دیگر نرم‌افزار متلب که جز نرم‌افزارهای کاربردی در میان اکثر دانشجویان و محیط آکادمیک است، از قابلیت خوبی برای حل مسائل اجزا محدود بوده و می‌توان با از استفاده از این برنامه به حل دقیق مسائل اقدام نمود. در این میان و با توجه به محیط آکادمیک و حتی خارج از محیط دانشگاهی، همچنین نیاز دانشجویان و اساتید به وجود منبع و مرجع آموزشی، این خلا برای نویسندگان مبرهن و آشکار بود و همچنین با توجه به تجربه نویسندگان در زمان تحصیل که اساتید از دانشجویان حل مسائل را با این روش و ادغام مسائل اجزا محدود و نرم افزار متلب درخواست می‌نمودند بر این موضوع تاکید بیشتری می‌گذاشت.

این امر نویسندگان را بر آن داشت تا اقدام به تالیف کتابی جامع در این زمینه نمایند تا بتوانند این کمبود را در محیط علمی کشور برطرف نمایند. در این کتاب سعی شده موارد اساسی و پایه‌ای در زمینه اجزا محدود به بحث و چالش کشیده شود تا دانشجویان و اساتید بتوانند مسائل اجزا محدود را درک و سپس نحوه کدنویسی را در برنامه متلب آموخته و بتوانند مسائل دیگر را در این زمینه حل نمایند. این کتاب سعی کرده تا از آثار دیگر مولفان و پژوهشگران در داخل و خارج کشور استفاده کرده و با تجمیع این آثار و تجربیات مافی‌سبق اثری شایسته و نسبتاً کامل را به جامعه علمی کشور ارائه دهد، تا بتواند به عنوان مرجع و منبع در این زمینه به خوانندگان کمک نماید.

در خصوص کتابی که پیش رویتان است پیکربندی کتاب بدین گونه است که، این کتاب از سه بخش متفاوت ولی مرتبط تشکیل شده است. فرض نویسندگان در این اثر بر این بوده که خواننده کاملاً مسلط بر روش اجزا محدود است و در نتیجه توضیحی در این باره ارائه نشده، حال آنکه منابع بسیار ارزشمندی در انتهای کتاب معرفی شده، که خوانندگان می‌توانند به آنها مراجعه نمایند.

بخش اول، مربوط به آموزش نرم افزار متلب است و تقریباً توضیحات مفصل و کاملی را در زمینه آموزش متلب، انواع روش‌ها، عملگرها و هر آنچه که برای حل مسائل اجزا محدود و در فصول آینده مورد نیاز است ارائه شده است. در این بخش، از کتاب کتاب آموزش کاربردی متلب برای مهندسی عمران به نگارش مهندس میلانی و مهندس روانشادنیا استفاده شده که کمک شایانی به نویسندگان در تکمیل این فصل کرده است.

بخش دوم، شامل آموزش گام به گام کدنویسی در متلب است. این بخش شامل هفده فصل می‌باشد. این فصول دربرگیرنده اصول پایه‌ای مسائل اجزا محدود هستند. در این بخش چند گام برای حل مسائل معرفی شده و سپس مسائل با کدنویسی و روند مشخص نوشته و حل شده‌اند. نکته مهم در این بخش این است که به خوانندگان گام‌هایی آموزش داده می‌شود تا بتوانند در آینده در کارهای خود مسائل پیچیده را به گام‌های کوچک‌تر تقسیم کرده و آنها را حل نمایند. همچنین در پایان هر فصل مسائلی بیان شده تا خوانندگان را به چالش بکشد و در پایان بخش پاسخ مسائل برای راهنمایی خوانندگان آورده شده است.

بخش سوم، شامل کدهای نوشته شده اضافی و متفاوت است. این بخش از آن جهت اضافه شده تا کمبودهایی که شاید در بخش دوم بوده را، پوشش دهد. شاید به نظر خوانندگان در این بخشی کدهایی وجود داشته باشند که تقریباً با کدهای بخش قبل همخوان بوده و تکراری باشند، اما با بازبینی دقیق از نظر نوع ساختار مسئله متفاوت هستند و مطلب جدیدی را به خواننده ارائه می‌دهند تا خواننده با تنوع مسائل مختلف، قدرت ادراک و نوشتن کد در برنامه متلب را به صورت کامل بیاموزد.

در پایان از خداوند منان سپاسگزاریم که این توفیق را به نویسندگان عطا نمود تا این اثر انجام پذیرد. در این مسیر بسیاری از دوستان ما را یاری رساندند که بدون وجود ایشان این اثر شکل نمی‌گرفت. دفتر فنی پایتخت (سرکار خانم فولادی) که زحمت تایپ و دفتر تبلیغاتی نقش‌واره (سرکار خانم رستمی) که طراحی جلد و صفحه آرایی را برعهده داشتند. همچنین مدیر مسوول انتشارات سیمای دانش، آقای طالقانی که ما را در این مسیر یاری رساندند. هرچند این اثر چندین نوبت مورد بازخوانی و ویرایش قرار گرفته تا از حداقل اشتباهات برخوردار باشد، ولی بر آنیم که این اثر نیز خالی از لغزش و کاستی‌هایی نخواهد بود. پیشاپیش از این

بابت پوزش می‌خواهیم و باعث افتخار است تا نقطه نظرات، پیشنهادات و انتقادات دانشجویان، اساتید و مهندسیین عزیز ما را در ویرایش‌های بعدی یاری رساند. لذا امید است نظرات خود را به این آدرس Rostami.Civil.Books@gmail.com ارسال نمایید تا در ویرایش‌های بعدی این اصلاحات صورت پذیرد.

با سپاس فراوان

آرش رستمی، معصومه خسروی، مجتبی فیروزمند

آبان ماه ۱۳۹۵

پیشگفتار مؤلفین

بسمه تعالی

پس از ویرایش و چاپ اول کتاب «مرجع راهنمای کاربرد متلب در تحلیل اجزا محدود» با توجه به فروش کامل کتاب و بازخوردهایی که در کلاس های درسی داشت و نیز نظراتی که خوانندگان، دانشجویان، اساتید و دیگر عزیزان نسبت به این کتاب داشتند، نویسندگان را بر آن داشت تا ویرایش دومی بر کتاب حاضر انجام دهند و مطالب موجود را به روز کرده و تجدید چاپ نمایند. در ویرایش دوم از همین کتاب شالوده کتاب ثابت بوده و تغییرات خاصی در آن مشاهده نمی شود ولی در جزئیات آن تغییراتی وجود دارد من جمله در برخی کدها که خوانندگان را بهتر در این زمینه یاری خواهد کرد. همچنین در این ویرایش قسمتی به عنوان «تحلیل اجزا محدود» نیز اضافه گشته تا خوانندگان را در درک بهتر مفاهیم یاری رساند. در این بخش اضافه شده مروری بر روش اجزا محدود داشته و نکاتی در این خصوص بیان گردیده است تا خوانندگان در بخش های بعدی که با کدنویسی و مطالب پیچیده تر مواجه می شوند بتوانند مسائل را با آموزش هایی که در همین کتاب ارائه شده بیاموزند و نیاز به منبع دیگر جهت آموزش مجدد مفاهیم نداشته باشند. مانند ویرایش اول کتاب در تهیه و تدوین این اثر نیز عزیزانی نویسندگان را یاری رساندند. سرکار خانم فولادی (دفتر فنی پایتخت) بابت تایپ مطالب، سرکار خانم رستمی (کانون تبلیغاتی نقش واره) بابت صفحه آرایی و نیز دوست و همکار عزیز آقای دکتر داودنوبی مدیر مسوول انتشارات علم عمران که در این مسیر یاری رسان ما بود. در پایان متذکر شویم که در ویرایش جدید بسیار سعی نمودیم کتاب و محتوای آن از اشتباه و خطا مبرا گردد ولی از خوانندگان عزیز تقاضا داریم نظرات، انتقادات و پیشنهادات خود را به آدرس Civil.Rostami.Books@gmail.com ارسال نمایند و همچنین می توانند کدهایی که در کتاب وجود دارد از وبسایت شخصی به آدرس

www.ArashRostami.com دانلود نمايند.

باسپاس فراوان

آرش رستمی و معصومه خسروی، شهريور ۱۳۹۶

۲۱	بخش اول
۲۳	فصل اول: مقدمه‌ای بر روش اجزاء محدود
۲۳	۱-۱- مراحل یافتن پاسخ یک مساله به روش تئوری
۲۵	۲-۲- یافتن تغییر مکان طولی یک میله مخروطی تحت بارگذاری محوری به روش تئوری
۲۷	۳-۲- دلیل استفاده از روش های حل عددی و روش اجزاء محدود
۲۸	۴-۲- مراحل انجام یک تحلیل با استفاده از روش اجزاء محدود (با حل مثال)
۲۹	۱-۴-۲- مرحله اول: گسسته سازی دامنه
۳۰	۲-۴-۲- مرحله دوم: تعیین تابع شکل
۳۰	۳-۴-۲- مرحله سوم: حل معادلات حاکم برای یک المان
۳۱	۴-۴-۲- مرحله چهارم: سرهم بندی المان ها و تشکیل دستگاه معادلات حاکم بر کل مدل
۳۳	۵-۴-۲- مرحله پنجم: اعمال شرایط مرزی، شرایط اولیه و بارگذاری
۳۴	۶-۴-۲- مرحله ششم: حل دستگاه معادلات حاکم بر کل مدل
۳۵	۷-۴-۲- مرحله هفتم: انجام پس پردازش یا PostProcessing
۳۵	۵-۲- تاریخچه روش اجزاء محدود
۳۷	۶-۲- گسسته سازی با استفاده از المان های یک بعدی و دو بعدی
۴۰	۷-۲- مزایای روش اجزاء محدود
۴۰	۸-۲- مشکلات و محدودیت های روش اجزاء محدود
۴۱	۹-۲- تمرین
۴۱	۱-۹-۲- تمرین اول
۴۳	۲-۹-۲- تمرین دوم
۴۵	فصل دوم: مبانی، مفاهیم و کلیات
۴۵	۱-۱- مقدمه
۴۵	۲-۱- آشنایی با متلب
۴۵	۱-۲-۱- محیط متلب
۴۶	۲-۲-۱- پنجره command Window
۴۶	۳-۲-۱- پنجره command History

۴۶	۴-۲-۱. پنجره current folder
۴۷	۵-۲-۱. پنجره workspace
۴۷	۳-۱. M فایل
۴۷	۱-۳-۱. Toolbox
۴۸	۲-۳-۱. Simulink
۴۸	۴-۱. اعداد در متلب
۴۸	۱-۴-۱. اعداد مختلط
۴۸	۲-۴-۱. دامنه اعداد
۴۹	۳-۴-۱. عدد پی
۴۹	۵-۱. تعریف متغیرها
۵۰	۱-۵-۱. قواعد نام گذاری متغیرها
۵۰	۶-۱. تعریف ماتریس
۵۱	۱-۶-۱. درایه‌های ماتریس
۵۲	۲-۶-۱. تغییرات در درایه‌های ماتریس
۵۲	۳-۶-۱. ماتریس با درجات بالاتر
۵۳	۴-۶-۱. انواع ماتریس
۵۵	۷-۱. رشته‌ها
۵۶	۱-۷-۱. تبدیل رشته به عدد
۵۷	۲-۷-۱. تبدیل عدد به رشته
۵۷	۸-۱. عملیات‌ها
۵۷	۱-۸-۱. عملیات‌های ریاضی
۵۸	۲-۸-۱. عملیات جمع
۵۸	۳-۸-۱. عملیات تفریق
۵۹	۴-۸-۱. عملیات ضرب
۵۹	۵-۸-۱. ضرب ماتریسی
۵۹	۶-۸-۱. ضرب نقطه‌ای
۶۰	۷-۸-۱. ضرب اسکالر در ماتریس
۶۰	۸-۸-۱. عملیات تقسیم
۶۰	۹-۸-۱. تقسیم ماتریسی
۶۰	۱۰-۸-۱. تقسیم نقطه‌ای

۶۰	۱۱-۸-۱. تقسیم اسکالر بر ماتریس
۶۰	۱۲-۸-۱. دیگر عملیات‌های جبری
۶۰	۱-۱۲-۸-۱. عملیات توان
۶۰	۲-۱۲-۸-۱. عملیات توان ماتریسی
۶۰	۳-۱۲-۸-۱. عملیات توان نقطه‌ای
۶۱	۴-۱۲-۸-۱. عملیات جذر
۶۱	۵-۱۲-۸-۱. قدر مطلق
۶۱	۶-۱۲-۸-۱. عملیات جز صحیح
۶۲	۷-۱۲-۸-۱. عملیات گرد کردن
۶۲	۸-۱۲-۸-۱. محاسبه باقیمانده
۶۲	۹-۱. اولویت‌های محاسباتی
۶۲	۱-۹-۱. عملیات منطقی
۶۲	۱-۱-۹-۱. عملگر (و)
۶۲	۲-۱-۹-۱. عملگر (یا)
۶۲	۳-۱-۹-۱. عملگر (نه)
۶۲	۴-۱-۹-۱. عملیات رابطه‌ای
۶۳	۱۰-۱. عملگرهای کاربردی
۶۳	۱۱-۱. دستورهای کاربردی
۶۳	۱-۱۱-۱. دستورهای اولیه
۶۴	۲-۱۱-۱. دستور clc
۶۴	۳-۱۱-۱. دستور clear all
۶۴	۴-۱۱-۱. دستور ctrl+c
۶۴	۵-۱۱-۱. دستورهای آماري
۶۴	۶-۱۱-۱. دستورهای آماري پر کاربرد
۶۴	۷-۱۱-۱. دیگر دستورهای آماري
۶۵	۱۲-۱. دستورات نمایشی
۶۵	۱-۱۲-۱. دستور display()
۶۵	۲-۱۲-۱. فرمت
۶۶	۳-۱۲-۱. دستور format short
۶۶	۴-۱۲-۱. دستور format long

۶۶	۵-۱۲-۱. دستور format shortE
۶۶	۶-۱۲-۱. دستور format longE
۶۶	۷-۱۲-۱. دستور format bank
۶۷	۱۳-۱. دستورات ورودی و خروجی
۶۷	۱-۱۳-۱. دستورات ورودی
۶۷	۲-۱۳-۱. دستور input
۶۸	۳-۱۳-۱. دستور xlsread
۶۸	۴-۱۳-۱. دستور textread
۷۰	۱۴-۱. دستورات خروجی
۷۰	۱-۱۴-۱. دستور xlswrite
۷۱	۲-۱۴-۱. دستور dlmwrite
۷۲	۱۵-۱. توابع کاربردی
۷۲	۱-۱۵-۱. توابع مثلثاتی
۷۳	۲-۱۵-۱. تبدیل زوایا
۷۳	۳-۱۵-۱. توابع نمایی
۷۳	۴-۱۵-۱. توابع لگاریتمی
۷۴	۵-۱۵-۱. دیگر توابع
۷۴	۱۶-۱. ساختارهای کنترلی
۷۴	۱-۱۶-۱. حلقه for
۷۶	۲-۱۶-۱. اجرای ساختار for برای انجام محاسبات
۷۶	۳-۱۶-۱. ساختار شرطی if
۸۰	۴-۱۶-۱. حلقه while
۸۲	۵-۱۶-۱. ساختار تصمیم گیری switch
۸۲	۱۷-۱. روش‌های تولید یک ماتریس
۸۲	۱-۱۷-۱. روش استفاده از شماره‌دها (درایه ماتریس)
۸۳	۲-۱۷-۱. روش استفاده از ماتریس تهی
۸۴	۳-۱۷-۱. ماتریس‌های چند بعدی و حلقه‌های تو در تو
۸۶	۱۸-۱. ریشه یابی، مقداردهی و مشتق گیری و انتگرال گیری توابع
۸۶	۱-۱۸-۱. متغیرها
۸۶	۲-۱۸-۱. دستور sym

۸۶	Syms .۳-۱۸-۱
۸۷	۱۹-۱. ریشه‌های تابع
۸۷	۱-۱۹-۱. ریشه‌های تابع چند جمله‌ای
۸۷	۲۰-۱. مقدار دهی تابع
۸۷	۱-۲۰-۱. دستور subs
۸۸	۲-۲۰-۱. حل تابع
۸۸	۲۱-۱. دستور solve
۸۸	۱-۲۱-۱. دستور solve()، double
۸۹	۲۲-۱. مشتق‌گیری
۸۹	۱-۲۲-۱. دستور diff
۸۹	۲۳-۱. انتگرال‌گیری
۸۹	۱-۲۳-۱. دستور int
۹۰	۲۴-۱. دیفرانسیل‌گیری
۹۱	۱-۲۴-۱. دستور dsolve
۹۱	۲۵-۱. دستورات ویرایشی تابع
۹۲	۱-۲۵-۱. دستور simplify
۹۲	۲۶-۱. ترسیم‌ها در متلب
۹۳	۱-۲۶-۱. ترسیم نمودار دو بعدی
۹۴	۲-۲۶-۱. رسم نمودارهای سه بعدی
۹۴	۳-۲۶-۱. تنظیمات ترسیم
۹۵	۲۷-۱. نامگذاری محورها
۹۵	۱-۲۷-۱. عنوان نمودار
۹۵	۲-۲۷-۱. افزودن متن
۹۵	۳-۲۷-۱. راهنمای نقشه
۹۵	۴-۲۷-۱. معرفی دستور hold on
۹۵	۵-۲۷-۱. چند ترسیم در یک صفحه
۹۷	بخش دوم
۹۹	فصل اول: مقدمه
۹۹	۱-۱. مراحل روش المان محدود
۱۰۰	۲-۱. توابع نرم افزار MATLAB برای تحلیل المان محدود

۱۰۳	۳-۱. آموزش MATLAB
۱۰۹	فصل دوم: المان فنر
۱۰۹	۱-۲. معادلات پایه
۱۱۰	۲-۲. توابع استفاده شده نرم افزار MATLAB
۱۲۷	فصل سوم: المان میله‌ای خطی
۱۲۷	۱-۳. معادلات پایه
۱۲۸	۲-۳. توابع استفاده شده نرم افزار MATLAB
۱۴۵	فصل چهارم: المان میله‌ای درجه دوم
۱۴۵	۱-۴. معادلات پایه
۱۴۶	۲-۴. توابع استفاده شده نرم افزار MATLAB
۱۶۱	فصل پنجم: المان خریای مسطح
۱۶۱	۱-۵. معادلات پایه
۱۶۲	۲-۵. توابع استفاده شده نرم افزار MATLAB
۱۹۱	فصل ششم: المان خریای فضایی
۱۹۱	۱-۶. معادلات پایه
۱۹۲	۲-۶. توابع استفاده شده نرم افزار MATLAB
۲۰۹	فصل هفتم: المان تیر
۲۰۹	۱-۷. معادلات پایه
۲۱۰	۲-۷. توابع استفاده شده نرم افزار MATLAB
۲۳۷	فصل هشتم: المان قابی مسطح
۲۳۷	۱-۸. معادلات پایه
۲۳۹	۲-۸. توابع استفاده شده نرم افزار MATLAB
۲۷۵	فصل نهم: المان شبکه‌ای
۲۷۵	۱-۹. معادلات پایه
۲۷۶	۲-۹. توابع استفاده شده نرم افزار MATLAB
۲۹۳	فصل دهم: المان قاب فضایی
۲۹۳	۱-۱۰. معادلات پایه
۲۹۵	۲-۱۰. توابع استفاده شده نرم افزار MATLAB
۳۱۷	فصل یازدهم: المان مثلثی خطی
۳۱۷	۱-۱۱. معادلات پایه

۳۱۹	۲-۱۱. توابع استفاده شده نرم افزار MATLAB
۳۴۷	فصل دوازدهم: المان مثلثی درجه دوم
۳۴۷	۱-۱۲. معادلات پایه
۳۵۰	۲-۱۲. توابع استفاده شده نرم افزار MATLAB
۳۷۳	فصل سیزدهم: المان چهار ضلعی دوخطی
۳۷۳	۱-۱۳. معادلات پایه
۳۷۶	۲-۱۳. توابع استفاده شده نرم افزار MATLAB
۴۰۹	فصل چهاردهم: المان چهارضلعی درجه دوم
۴۰۹	۱-۱۴. معادلات پایه
۴۱۲	۲-۱۴. توابع استفاده شده نرم افزار MATLAB
۴۳۵	فصل پانزدهم: المان چهار وجهی خطی
۴۳۵	۱-۱۵. معادلات پایه
۴۳۸	۲-۱۵. توابع استفاده شده نرم افزار MATLAB
۴۶۳	فصل شانزدهم: المان مکعبی خطی
۴۶۳	۱-۱۶. معادلات پایه
۴۶۷	۲-۱۶. توابع استفاده شده نرم افزار MATLAB
۴۹۳	فصل هفدهم: سایر المانها
۴۹۳	۱-۱۷. کاربرد المانهای محدود در زمینه‌های دیگر
۴۹۵	۲-۱۷. معادلات پایه المان یک بعدی جریان سیالات
۴۹۶	۳-۱۷. توابع استفاده شده نرم افزار MATLAB
۴۹۹	۳-۱۷. پاسخ مسائل
۵۱۹	بخش سوم
۵۲۳	فصل اول: سیستم‌های گسسته
۵۲۹	فصل دوم: تحلیل میله‌ها
۵۳۹	فصل سوم: تحلیل خرپاهای دوبعدی
۵۴۹	فصل چهارم: خرپاها در فضای سه بعدی
۵۵۵	فصل پنجم: تیر برنولی
۵۶۱	فصل ششم: قاب‌های دو بعدی
۵۶۹	فصل هفتم: تحلیل قاب‌های سه بعدی
۵۷۵	فصل هشتم: تحلیل شبکه‌ها

۵۸۱

۵۹۳

۶۰۳

۶۲۷

۶۴۵

فصل نهم: تحلیل تیر تیموشنکو

فصل دهم: مسائل تنش صفحه‌ای

فصل یازدهم: تحلیل صفحات Mindlin

فصل دوازدهم: صفحات چندلایه

منابع