

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

برنامه‌نویسی روش المان محدود در MATLAB

ترجمه و تألیف:

مهندس احمد رضا بقایی

مهدی بقایی

ویراستار:

پیمان عمرانی

کتابخانه

سرشناسه	: بقایی، احمدرضا، ۱۳۶۲-
عنوان و نام پدید آور	: برنامه‌نویسی روش المان محدود در MATLAB / تألیف احمدرضا بقایی، مهدی بقایی.
مشخصات نشر	: تهران : کیان رایانه سبز، زانیس: انتشارات خلیج فارس، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	: ۲۸۸ ص.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۰۲۱-۶۰-۷
موضوع	: مطلب (برنامه کامپیوتر)
موضوع	: روش المان‌های محدود- داده‌پردازی
موضوع	: روش المان‌های محدود- برنامه‌های کامپیوتری
شناسه افزوده	: بقایی، مهدی.
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۰ ب۷/ر۹/۳۲۴۷
رده بندی دیویی	: ۶۲۰/۰۰۹۵۱۵۳۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۵۲۵۳۹۹



انتشارات کیان رایانه سبز

نام کتاب	: برنامه‌نویسی روش المان محدود در MATLAB
ناشر	: انتشارات کیان رایانه سبز
ناشر همکار	: زانیس- خلیج فارس- ندای سبز شمال
مؤلفان	: احمدرضا بقایی- مهدی بقایی
ویراستار	: پیمان عمرانی
طراح جلد	: فرهنگ خشای
چاپ اول	: ۱۳۹۰
تیراژ	: ۲۰۰۰ جلد
چاپ و صحافی	: علامه
قیمت	: ۷۰۰۰ تومان
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۰۲۱-۶۰-۷
ISBN	: 978-600-6021-60-7

کتاب حقوق برای ناشر محفوظ است.
کثیر تمامی یا قسمتی از این اثر به صورت عروجه‌نی یا چاپ مجدد، چاپ افست، فتوکپی و انواع دیگر چاپ ممنوع است و پیگرد قانونی دارد.

مراکز پخش:

انتشارات کیان رایانه سبز: خ انقلاب - خ ۱۲ فروردین - کوچه نوروز - پلاک ۲۷ طبقه اول
تلفن: ۶۶۴۱۱۷۱۵-۶۶۴۰۶۸۳۳-۶۶۴۱۶۲۴۶
نمایندگی اصفهان: خ سید علیخان - جنب مسجد - کتاب‌فروشی مهرگان ۰۳۱۱-۲۲۱۳۷۵۱
خرید Online از طریق سایت www.kianpub.com

سخنی با خوانندگان

«سپس، به کاتبان و نویسندگان بنگر و بهترین آن‌ها را بر کارهای خود بگمار... کاتبان و نویسندگانی برگزین که قدر خود را بشناسند، چون کسی که به قدر خود شناخت ندارد، دیگران را هم نمی‌شناسد.» برگرفته از نامه‌ی ۵۳ نهج البلاغه به مالک اشتر

اگرچه نوشتن و پرداختن زکات علم از توصیه‌های اکید بزرگان و گواه بر کرامت اهل دانش است، اما امروزه پرداختن به انگیزه‌ها و اهداف نوشتن بیشتر جلوه می‌کند. بی‌شک این‌که چه کسی می‌نویسد مهم نیست، اما این‌که چرا و به چه بسترانه‌ای می‌نویسد، درخور تأمل است. ما معتقدیم که چاپ روزافزون کتاب‌های به اصطلاح «ورده» که خالی از هرگونه نوآوری و بی‌توجه به استانداردهای چاپ کتاب و نیازهای مخاطبان است، حاصل تفکر بازاری مستولی بر جامعه‌ی نشر است. بی‌پرده آن‌که عنوان پرزرق و برق، دستاویز قرار دادن مضمون‌های نو یا هدف فروش بالا و طولیل کردن سیاهه‌ی سابقه‌ی علمی، نمی‌تواند دلیل محکمی برای چاپ و نشر کتابی باشد که خواننده‌ی مشتاق با صرف هزینه‌های نه چندان کم آن را تهیه می‌کند؛ به امید آن‌که چیزی از آن بیاموزد.

باید پذیرفت که انگیزه‌ی نوشتن کم از محتوای نوشته نیست و بین این دو رابطه‌ای مستقیم برقرار است. اگر انگیزه از نوشتن، تولید دانش باشد، بی‌شک نویسنده از قلم بی‌محتوا و کم‌عمق پرهیز می‌کند و اگر دغدغه‌ی دانش و فرهنگ زخم‌خورده در میان باشد، ناشر تنها به عنوان پرطمطراق بسنده نمی‌کند. و چقدر امروزه، فرهنگ و دانش این مرز بوم که گرفتار آفت بی‌انگیزگی و زخم هوس است، نیازمند ناشران و نویسندگانی است که نیت‌شان کمک به رشد دانش و ارتقای فرهنگ جامعه است و به راستی که التیامی بر این درد نیست مگر نویسندگانی که قدر خود و دیگران را می‌دانند و خوب می‌فهمند که کتاب، ابزار سودجویی‌های مغرضانه نیست و می‌کوشند تا خود را از هرگونه شهوت نام و رسم و ثروت تهی کنند.

انتشارات کیان‌رایانه‌ی سبز خود را بری از عیب و خطا نمی‌داند، اما همواره بیش از پیش می‌کوشیم تا در راستای تولید علم و نشر کتاب‌های پرمحتوا، دست نویسندگانی که انگیزه‌ی پاک دارند را فشرده و در کنارشان باشیم و از خداوند متعال می‌خواهیم که در این مسیر صعب و پرخطر در سایه‌ی لطف و عنایت خود از آن‌چه به عهده‌ی ما نهاده شده، سربلند و پیروز برآییم.

انتشارات کیان‌رایانه‌ی سبز

پیش‌گفتار مترجمان

امروزه کامپیوتر به عنوان رکنی جدایی‌ناپذیر از زندگی بشر مدرن در نظر گرفته می‌شود و همین مسئله راه را برای تحقیق و بررسی‌های بیشتر و توسعه‌ی قابلیت‌ها و توانایی‌های کامپیوترهای امروزی فراهم آورده است. از طرف دیگر این امر منحصر به شرکت‌های بزرگ برنامه‌نویسی و نرم‌افزار نشده است و با توجه به در دسترس بودن انواع زبان‌های برنامه‌نویسی، می‌تواند توسط هر فرد علاقمند صورت بگیرد.

از زمینه‌های مورد علاقه و به‌کارگیری در زمینه‌ی علوم مهندسی که در دهه‌های اخیر توسعه و محبوبیت فراوانی یافته است، می‌توان به روش تحلیل المان محدود¹ اشاره کرد که به‌کارگیری آن به صورت‌های مختلف در میان محققان ایرانی نیز رو به ازدیاد است. در این زمینه نرم‌افزارهای تخصصی بسیاری وجود دارد که ANSYS از آن جمله است، اما وجود این نرم‌افزارها ما را از برنامه‌نویسی در این زمینه کاملاً بی‌نیاز نخواهد کرد؛ چرا که مسائل هر روزه دچار تغییرهای ناخواسته شده و به همین دلیل نرم‌افزاری که به طور کلی مسائل این شاخه را پوشش دهد، عملاً وجود ندارد. از این‌رو برنامه‌نویسی و پیاده‌سازی این روش می‌تواند برای رشته‌های مختلف از مهندسی تا علوم پایه بسیار مفید باشد.

در این میان نرم‌افزار MATLAB بسیار مورد توجه قرار گرفته است؛ چرا که از یک طرف این نرم‌افزار با ساختار ماتریسی خود اجازه مانور بیشتر در پیاده‌سازی این قبیل الگوریتم‌ها را می‌دهد و از طرف دیگر شامل جعبه‌ابزاری برای پیاده‌سازی تعدادی از مسائل مرتبط با این شاخه می‌باشد.

در این کتاب شیوه‌ی برنامه‌نویسی و مفاهیم پایه مورد نیاز بررسی می‌شود و تا حد امکان مسائل از ساده به دشوار مورد بررسی قرار گرفته است. در ابتدای کتاب مختصری پیرامون برنامه‌نویسی در محیط MATLAB توضیح داده شده و در فصول بعد به ترتیب به مسائل مهم و کلی در برنامه‌نویسی روش المان محدود برای کاربردهای مختلف پرداخته شده است. در ضمیمه‌ی کتاب نیز مختصری در مورد جعبه‌ابزار pdetool نرم‌افزار MATLAB توضیح داده شده است. به همراه این کتاب یک CD عرضه شده است که حاوی کلیه‌ی مثال‌ها و برنامه‌های مطرح شده در کتاب است.

در این کتاب سعی شده است که ترجمه‌ای روان برای فراگیری افراد با سطوح مختلف ارائه شود. با این حال، این اثر عاری از عیب و ایراد نیست. لذا از کلیه صاحب‌نظران و اساتید و دانشجویان عزیزی که اشکالی در ترجمه یا موارد دیگر به نظرشان می‌رسد، خواهشمندیم که آنها را با ما در میان بگذارند.

در پایان نیز امیدواریم که این اثر ناچیز بتواند زحمات بی‌دریغ اساتید و دبیران این‌جانبان را که بدون هیچ چشم‌داشتی در اعتلای فرهنگ و علم جامعه‌مان می‌کوشند، جبران نماید.

احمد رضا بقایی

مهدی بقایی

baghaie.ahmadreza@gmail.com

www.ketab.ir

فهرست مطالب

فصل اول: آشنایی با MATLAB

۱۲	۱-۱- معرفی
۱۳	۲-۱- ماتریس‌ها
۱۴	۳-۱- عملیات ماتریس‌ها
۱۵	۴-۱- عبارت‌ها
۱۶	۵-۱- توابع ماتریسی
۱۷	۶-۱- عبارت‌ها شرطی if و switch
۱۸	۷-۱- حلقه‌های for و while
۲۰	۸-۱- عملگرهای مقایسه‌ای
۲۲	۹-۱- توابع اسکالر
۲۳	۱۰-۱- توابع برداری
۲۴	۱۱-۱- توابع ماتریسی
۲۵	۱۲-۱- زیرماتریس
۲۹	۱۳-۱- اندیس‌گذاری منطقی
۳۰	۱۴-۱- m- فایل‌ها، اسکریپت‌ها و توابع
۳۲	۱۵-۱- گرافیک
۳۵	۱۶-۱- جبر خطی

فصل دوم: سیستم‌های گسته

۳۸	۱-۲- معرفی
۳۸	۲-۲- میله‌ها و فنرها
۳۹	۳-۱- تعادل در گره‌ها
۴۰	۲-۴- گام‌های پایه
۴۰	۲-۵- مثله‌ی ۱ و اولین کد MATLAB
۴۸	۲-۶- کد جدید با استفاده از ساختارهای MATLAB

فصل سوم: تحلیل میله‌ها

۵۴	۳-۱- المان میله
۵۸	۳-۲- انتگرال‌گیری عددی
۵۹	۳-۳- مسئله‌ی ۲، مثالی از یک میله‌ی ایزوپارامتریک
۶۲	۳-۴- حل مسئله‌ی ۲ با استفاده از ساختارهای MATLAB
۶۵	۳-۵- مسئله‌ی ۳

فصل چهارم: آنالیز خراباهای دوبعدی

۷۲	۴-۱ معرفی
۷۲	۴-۲ خراباهای دوبعدی
۷۳	۴-۳ ماتریس سختی
۷۴	۴-۴ تنش‌های المان
۷۴	۴-۵ مسئله‌ی ۴، خراباهای دوبعدی
۷۹	۴-۶ مسئله‌ی ۵
۸۳	۴-۷ مسئله‌ی ۶، خرابای دوبعدی با فنر

فصل پنجم: خراباها در فضاهای سه‌بعدی

۸۸	۵-۱ فرمول‌نویسی اولیه
۸۸	۵-۲ مسئله‌ی ۷، خرابای سه‌بعدی
۹۱	۵-۳ مسئله‌ی ۸، خرابای سه‌بعدی

فصل ششم: تیرهای برنولی

۹۸	۶-۱ معرفی
۱۰۰	۶-۲ مسئله‌ی ۹، تیر برنولی
۱۰۴	۶-۳ تیر برنولی با فنر

فصل هفتم: قاب‌های دوبعدی

۱۱۰	۷-۱ معرفی
۱۱۱	۷-۲ مسئله‌ی ۱۰، قاب دوبعدی
۱۱۶	۷-۳ مسئله‌ی ۱۱، قاب دوبعدی

فصل هشتم: تحلیل قاب‌های سه‌بعدی

۱۲۶	۸-۱ معرفی
۱۲۶	۸-۲ ماتریس سختی و بردار نیروهای گره‌ای معادل
۱۲۷	۸-۳ مسئله‌ی ۱۲، قاب سه‌بعدی
۱۳۲	۸-۴ مسئله‌ی ۱۳، قاب سه‌بعدی

فصل نهم: تحلیل شبکه‌ها

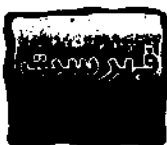
۱۳۸	۹-۱ معرفی
۱۴۱	۹-۲ مسئله‌ی ۱۴، شبکه
۱۴۴	۹-۳ مسئله‌ی ۱۵، شبکه

فصل دهم: تحلیل تیرهای تیموشنکو

۱۵۰	۱۰-۱ معرفی
۱۵۰	۱۰-۲ فرمول‌نویسی تحلیل ایستا
۱۵۸	۱۰-۳ ارتعاشات آزاد تیرهای تیموشنکو
۱۶۶	۱۰-۴ تحلیل کماتش تیرهای تیموشنکو، مسئله‌ی ۱۶

فصل یازدهم: تنش صفحه‌ای

۱۷۴	۱۱-۱ معرفی
-----	------------



۱۷۴	۱۱- ۲- جابه‌جایی‌ها، کرنش‌ها و تنش‌ها
۱۷۵	۱۱- ۳- شرایط مرزی
۱۷۶	۱۱- ۴- انرژی پتانسیل
۱۷۶	۱۱- ۵- گسسته‌سازی المان محدود
۱۷۶	۱۱- ۶- درون‌یابی جابه‌جایی‌ها
۱۷۷	۱۱- ۷- انرژی المان
۱۷۸	۱۱- ۸- المان چهارگوش Q4
۱۸۰	۱۱- ۹- مسئله‌ی ۱۷، یک صفحه‌ی در حال کشش
۱۸۴	۱۱- ۱۰- مسئله‌ی ۱۸، یک تیر در حال خمش

فصل دوازدهم: تحلیل صفحات MINDLIN

۱۹۴	۱۲- ۱- معرفی
۱۹۴	۱۲- ۲- تئوری صفحه‌ی Mindlin
۱۹۶	۱۲- ۳- گسسته‌سازی المان محدود
۱۹۸	۱۲- ۴- مسئله‌ی ۱۹، یک صفحه‌ی Mindlin مربعی در حال خمش
۲۱۷	۱۲- ۵- ارتعاشات آزاد صفحات Mindlin
۲۲۹	۱۲- ۶- تحلیل کماتش صفحات Mindlin

فصل سیزدهم: صفحات لایه‌ای

۲۴۲	۱۳- ۱- معرفی
۲۴۲	۱۳- ۲- میدان جابه‌جایی
۲۴۲	۱۳- ۳- کرنش‌ها
۲۴۳	۱۳- ۴- ماتریس کرنش - جابه‌جایی B
۲۴۴	۱۳- ۵- تنش‌ها
۲۴۵	۱۳- ۶- ماتریس سختی
۲۴۶	۱۳- ۷- مسئله‌ی ۲۰
۲۶۵	۱۳- ۸- ارتعاش آزاد صفحات لایه‌ای

ضمیمه: معرفی مجموعه‌ایزار PDE نرم‌افزار MATLAB

۲۷۴	۱- معرفی
۲۷۴	۲- PDEها
۲۷۵	۳- حل PDEها با استفاده از MATLAB
۲۷۶	مثال ۱: تولید و انتقال حرارت در یک صفحه‌ی دوبعدی با مرزهایی در دمای ثابت
۲۸۱	مثال ۲: انتقال حرارت در یک صفحه‌ی دوبعدی با ترکیب انواع شرایط مرزی
۲۸۳	مثال ۳: تنش‌ها و کرنش‌ها روی یک آچار
۲۸۷	مراجع