



# روشهای عددی در مهندسی

(با استفاده از نرم افزار MATLAB)

جان کیوسالاس

ترجمه:

محمود نوروزی

(عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی شاهرود)

مرتضی کریمی دهنه

مصطفی محمودی



سرافرازان البرز

# روشهای عددی در مهندسی

(با استفاده از نرم افزار MATLAB)

✱ نویسنده: جان کیوسالاس

✱ ترجمه: محمود نوروزی، مرتضی کریمی دمنه، مصطفی محمودی

✱ ناشر: سرافرازان البرز

✱ تعداد صفحات: ۴۲۸ صفحه

✱ نوبت ویرایش: دوم

✱ نوبت چاپ: اول - ۱۳۹۳

✱ شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۳۶۲-۰۳۰-۸

✱ شمارگان: ۲۰۰۰ جلد

✱ قیمت: ۱۶۸۰۰ تومان

کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است.

|                     |                                                                                           |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| عنوان و نام پدیدآور | : روشهای عددی در مهندسی (با استفاده از نرم افزار MATLAB)                                  |
| مشخصات نشر          | : کرج: سرافرازان البرز، ۱۳۹۳                                                              |
| مشخصات ظاهری        | : ۴۲۸ ص.                                                                                  |
| شابک                | : ۹۷۸-۶۰۰-۳۶۲-۰۳۰-۸                                                                       |
| وضعیت فهرست نویسی   | : فیپای مختصر                                                                             |
| یادداشت             | : این مدرک در آدرس <a href="http://opac.nlai.ir">http://opac.nlai.ir</a> قابل دسترسی است. |
| شناسه افزوده        | : نوروزی، محمود، ۱۳۵۹ -                                                                   |
| شناسه افزوده        | : کریمی دمنه، مرتضی، ۱۳۵۶ -                                                               |
| شناسه افزوده        | : محمودی، مصطفی، ۱۳۷۱ -                                                                   |
| شماره کتابشناسی ملی | : ۳۶۱۲۱۰۶                                                                                 |

مرکز بخش: انتشارات سرافرازان البرز

تلفن: ۰۲۶-۳۴۲۰۸۴۹۸-۳۴۴۵۰۱۵۳-۳۴۲۰۸۵۰۷

## مقدمه نویسنده

### مقدمه ویرایش اول

کتابی که پیش رو دارید، کتابی مناسب برای مهندسان و دانشجویان رشته های مهندسی (سال دوم، سال آخر، فارغ التحصیلان و دوره های تحصیلات تکمیلی) است. برای انجام محاسبات عددی آشنایی با یک زبان برنامه نویسی ضروری است و همچنین درک مناسب از دانش مهندسی برای حل مسائل عددی لازم می باشد. متن کتاب بیشتر به روش های عددی تاکید دارد و سپس بر برنامه نویسی این روش ها متمرکز شده است؛ بیشتر مهندسان برنامه نویسی نیستند، اما مسائل مهندسی را تحلیل می کنند. هدف اصلی اینست که آنها می خواهند بدانند چه روشی را برای یک مساله خاص می توانند به کار ببرند و این روش ها دارای چه قابلیت ها و چه نقاط ضعفی هستند و همچنین چگونه می توان این روش ها را پیاده سازی کرد. از یک مهندس این انتظار وجود ندارد که کد برنامه نویسی کامپیوتری برای یک سری از موضوعات پایه ای را بنویسد؛ آنها بیشتر تمایل دارند از توابع و برنامه ها و زیرروال هایی استفاده کنند که قبلا نوشته و آزمایش شده اند. بنابراین برنامه نویسی مهندسان بیشتر محدود به بکارگیری برنامه ها و کدهای موجود و تبدیل آنها به یک برنامه است که بتواند مساله آنها را حل کند.

منظور از یک کد برنامه معمولا یک تابع است که یک وظیفه خاص را پیاده سازی و اجرا می کند. برای کاربر جزئیات کد برنامه در رده دوم اهمیت قرار دارند. آنچه برای مهندسان اهمیت دارد ورودی و خروجی کد برنامه نوشته شده و درک الگوریتم مورد استفاده در روش حل است. از آنجایی که هیچ الگوریتم عددی خالی از خطا نیست، اهمیت درک روش مورد استفاده قابل چشم پوشی نیست؛ در حقیقت این درک اصل و پایه یادگیری روش های عددی است.

تلاش ما در این کتاب بر این اصل بوده است تا مطابق دیدگاه های اشاره شده در بالا عمل شود. هر روش عددی یا جزئیات کامل توضیح داده شده است و به کمبودها و نواقص آن نیز اشاره شده است. مثال هایی که برای موضوعات مختلف ارائه شده است به دو گروه تقسیم شده اند: مثال هایی که بصورت دستی حل می شوند و مثال هایی که توسط برنامه نوشته شده در نرم افزار متلب حل شده اند تا نحوه استفاده از کدنویسی را در حل مسائل نشان دهد. مسائلی که نیازمند حل توسط کدنویسی هستند با علامت ■ مشخص شده اند.

مطالب کتاب شامل موضوعاتی است که در درس روش های عددی در مهندسی نیاز است: حل معادلات، درون یابی و برازش منحنی، دیفرانسیل گیری و انتگرال عددی، حل معادلات دیفرانسیل معمولی، و مسائل مقدار ویژه. انتخاب روش ها در هر بخش متناسب با نوع مسائل مهندسی است. برای مثال، بر روی ماتریس

ضرایب متقارن در حل دستگاه معادلات بحث گسترده‌ای انجام شده است. همچنین در حل مسائل مقدار ویژه بر روی روش‌های موثر تعیین مقادیر ویژه ماتریس‌های نواری تأکید شده است.

یک معیار مهم مورد استفاده در انتخاب روش‌ها، روشنی و قابل فهم بودن است. الگوریتم‌هایی که نیازمند روش‌های پیچیده هستند، با اینکه قدرت تحلیل و بازدهی آنها بیشتر است، در این کتاب کنار گذاشته شدند. این تصمیم برای این اتخاذ شده است که هدف این کتاب به روش‌ها معطوف است و نه برنامه نویسی آنها. انتخاب الگوریتم‌ها نیز تحت تأثیر این هدف قرار گرفته است. این کار منجر به کنارگذاشتن چندین روش شناخته شده که جدیداً توسعه یافته‌اند، گردید. برای مثال، روش سکانت برای پیدا کردن ریشه‌های معادلات به دلیل اینکه هیچ برتری نسبت به روش ریدر نداشت، حذف شد. به دلیل مشابه، روش‌های چند گامی که برای حل معادلات دیفرانسیل استفاده می‌شود (مانند روش‌های میلن و آدامز) بخاطر استفاده و اشاره به روش‌های رانج-کوتا تطبیقی و بولیرچ-استور حذف شده‌اند.

نبودن فصلی در کتاب برای معادلات دیفرانسیل پاره‌ای به شدت احساس می‌شود. اما اینطور می‌توان برداشت کرد که این موضوع با روش‌های المان محدود و المان مرزی به بهترین نحو مورد بررسی قرار می‌گیرند که خارج از محدوده این کتاب است. روش تفاضل محدود، که معمولاً در اکثر کتاب‌های روش‌های عددی وجود دارد، تنها در پیاده سازی مرزهای منحنی شکل دارای مشکل و محدودیت است.

طبق معمول، این کتاب دارای مطالبی بیشتر از یک درس سه واحدی است. بنابراین بخش‌هایی را می‌توان بدون آسیب زدن به روند یادگیری حذف کرد که این بخش‌ها با علامت \* مشخص شده‌اند.

برنامه‌هایی که در این کتاب آورده شده است با نرم افزار MATLAB® R2008b تحت Windows® XP امتحان شده‌اند.

## مقدمه ویرایش دوم

ویرایش دوم به معرفی توابع بی نام در MATLAB می پردازد. این ویژگی، که به ما اجازه جاسازی توابع در یک برنامه را می دهد و دیگر نیازی به ذخیره آنها در فایل های جداگانه نیست، باعث راحتی برنامه نویسان که با MATLAB کار می کنند، شده است و دیگر نیازی به انبوه فایل های کوچک نیست. در این ویرایش ما تمامی برنامه هایی که قابلیت استفاده از توابع بی نام را داشتند، دوباره کدنویسی کرده ایم.

همچنین چند مبحث برای پوشش بیشتر و بهتر مسائل در این ویرایش اضافه شده است:

- درون یابی تابع گویا در فصل سوم اضافه شده است.
- روش برنت<sup>1</sup> برای پیدا کردن ریشه در فصل چهارم با روش ریدر<sup>2</sup> جایگزین شده است. الگوریتم کامل برنت یک فرآیند تحلیل پیچیده است که حاوی جزئیات زیاد است و نیاز به رجوع به مراجع مختلف دارد (در ویرایش اول یک نسخه ساده شده از این روش ارائه شده بود). روش ریدر به قدرت و موثری روش برنت است، اما قابل فهم تر می باشد.
- روش بهینه سازی فلچر-ریوز<sup>3</sup> حذف شده است و روش سیمپلکس دان-هیل<sup>4</sup> در فصل دهم جایگزین آن شده است. روش فلچر-ریوز دارای مرتبه یک است که نیاز به دانستن گرادیان های تابع شایستگی<sup>5</sup> است. از آنجایی که تعداد محدودی از مسائل وجود دارند که گرادیان ها در آنها معلوم هستند، کارایی این روش بسیار محدود است. روش سیمپلکس دان-هیل یک روش بسیار قدرتمند (اما کند) از مرتبه صفر است که اغلب در صورتی که روش های سریع در بهینه سازی ناموفق باشند، مورد استفاده قرار می گیرد.

<sup>1</sup> Brent's method

<sup>2</sup> Ridder's method

<sup>3</sup> Fletcher-Reeves

<sup>4</sup> Down-hill simplex

<sup>5</sup> Merit function

## مقدمه مترجمان

کتابی که در دست شما خواننده گرامی قرار دارد ترجمه ای از ویرایش دوم کتاب *Numerical Methods in Engineering with MATLAB* است. این کتاب توسط پروفیسور جان کیو سالاس از اساتید دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا نگارش یافته و در انتشارات معتبر دانشگاه کمبریج منتشر شده است. کتاب به آموزش روش های عددی در مباحثی شامل جبر خطی، ریشه یابی، حل دستگاه معادلات غیرخطی، درونیابی، برازش منحنی، مشتق گیری، انتگرال گیری، حل معادلات دیفرانسیل مقدار اولیه و مقدار مرزی و بهینه سازی می پردازد. مثال ها و تمرین های آن عمدتاً متوجه حل مسائل مهندسی در رشته هایی نظیر مکانیک، برق و عمران است که این امر درک کاربردهای روش های عددی را برای دانشجویان رشته های مذکور تسهیل می نماید.

این کتاب همچنین با رویکرد برنامه نویسی به زبان MATLAB به آموزش روش های عددی می پردازد. عمده کتاب های مربوط به محاسبات عددی که پیشتر به زبان فارسی منتشر شده اند بر اساس زبان هایی نظیر C و فورترن بوده اند. مطابق اطلاع مترجمان، کمتر کتابی بر اساس زبان MATLAB ترجمه شده حال آنکه از سال های آغازین دهه ۹۰ میلادی، کتاب های فراوانی در زمینه محاسبات عددی بر پایه نرم افزار MATLAB به زبان انگلیسی به طبع رسیده است. زبان MATLAB از جمله زبان های سطح بالای برنامه نویسی به شمار می آید که توسط شرکت MathWorks به بازار عرضه شده و هر ساله نسخه های این نرم افزار بروزرسانی می شود. از جمله قابلیت های جدید این نرم افزار در حوزه محاسبات می توان به تسهیل پردازش موازی برنامه های آن توسط پردازنده های چند هسته ای اشاره نمود به طوری که در نسخه های جدید این نرم افزار، کل توابع جعبه ابزار جبر خطی از این قابلیت بهره مند شده است. MATLAB یکی از ساده ترین زبان های محاسبات تکنیکی است که به همراه جعبه ابزارهای قدرتمند خود، حل مسائل علمی و مهندسی را تسهیل نموده است. به اعتقاد اینجانب آموزش صحیح محاسبات عددی برپایه این نرم افزار می تواند به تسلط دانشجویان به برنامه نویسی با نرم افزار مذکور منجر شود و آنها را در انجام پروژه های درسی و پایان نامه ای یاری رساند. لذا مطالعه این کتاب برای آموزش درس محاسبات عددی دانشجویان رشته های مهندسی توصیه می شود.

محمود نوروزی

عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی شاهرود

تابستان ۱۳۹۳

## فهرست مطالب

|    |                                       |
|----|---------------------------------------|
| ۱  | ..... مقدمه نویسنده                   |
| ث  | ..... مقدمه مترجمان                   |
| ۱  | ..... ۱ مقدمه‌ای بر نرم‌افزار MATLAB  |
| ۱  | ..... ۱.۱ مقدمه                       |
| ۳  | ..... ۲.۱ انواع داده‌ها و متغیرها     |
| ۸  | ..... ۳.۱ عملگرها                     |
| ۱۰ | ..... ۴.۱ کنترل روند اجرای برنامه     |
| ۱۴ | ..... ۵.۱ توابع                       |
| ۱۸ | ..... ۶.۱ ورودی‌های خروجی             |
| ۱۹ | ..... ۷.۱ استفاده از آرایه‌ها         |
| ۲۲ | ..... ۸.۱ نوشتن و اجرای برنامه‌ها     |
| ۲۳ | ..... ۹.۱ ترسیم                       |
| ۲۵ | ..... ۲ سیستم‌های معادلات جبری خط     |
| ۲۵ | ..... ۱.۲ مقدمه                       |
| ۳۱ | ..... ۲.۲ روش حذفی گاوس               |
| ۳۸ | ..... ۳.۲ روش‌های تجزیه LU            |
| ۴۹ | ..... مجموعه تمرین‌های ۱.۲            |
| ۵۳ | ..... ۴.۲ ماتریس ضرایب متقارن و نواری |
| ۶۳ | ..... ۵.۲ محوریابی                    |
| ۷۱ | ..... مجموعه تمرین‌های ۲.۲            |
| ۷۷ | ..... ۶.۲ معکوس کردن ماتریس           |
| ۸۰ | ..... ۷.۲ روش‌های تکرار شونده         |
| ۹۱ | ..... مجموعه تمرین‌های ۳.۲            |

### ۳ درون‌یابی و برازش منحنی..... ۹۹

|     |                                          |     |
|-----|------------------------------------------|-----|
| ۹۹  | ..... مقدمه                              | ۱.۳ |
| ۹۹  | ..... درون‌یابی چندجمله‌ای               | ۲.۳ |
| ۱۱۵ | ..... درون‌یابی با منحنی اسپیرالین مکعبی | ۳.۳ |
| ۱۲۲ | ..... مجموعه تمرین‌های ۱.۳               |     |
| ۱۲۶ | ..... برازش بد روش حداقل مربعات          | ۴.۳ |
| ۱۳۹ | ..... مجموعه تمرین‌های ۲.۳               |     |

### ۴ ریشه‌های معادلات..... ۱۴۵

|     |                                     |      |
|-----|-------------------------------------|------|
| ۱۴۵ | ..... مقدمه                         | ۱.۴  |
| ۱۴۶ | ..... روش جستجوی نسبی               | ۲.۴  |
| ۱۴۸ | ..... روش دوبخشی                    | ۳.۴  |
| ۱۵۲ | ..... روش‌های مبتنی بر درونیابی خطی | ۴.۴  |
| ۱۵۷ | ..... روش نیوتن-رافسون              | ۵.۴  |
| ۱۶۲ | ..... دستگاه‌های معادلات (غیرخطی)   | ۶.۴  |
| ۱۶۸ | ..... مجموعه تمرین‌های ۱.۴          |      |
| ۱۷۴ | ..... صفرهای چندجمله‌ای‌ها          | ۷.۴* |
| ۱۸۲ | ..... مجموعه تمرین‌های ۲.۴          |      |

### ۵ دیفرانسیل‌گیری عددی..... ۱۸۵

|     |                              |     |
|-----|------------------------------|-----|
| ۱۸۵ | ..... مقدمه                  | ۱.۵ |
| ۱۸۵ | ..... تقریب‌های تفاضل محدود  | ۲.۵ |
| ۱۹۱ | ..... بیرون‌یابی ریچاردسون   | ۳.۵ |
| ۱۹۴ | ..... مشتق‌گیری با درون‌یابی | ۴.۵ |
| ۱۹۸ | ..... مجموعه تمرین‌های ۱.۵   |     |

### ۶ انتگرال عددی..... ۲۰۳

|     |                            |     |
|-----|----------------------------|-----|
| ۲۰۳ | ..... مقدمه                | ۱.۶ |
| ۲۰۴ | ..... روابط نیوتن-کوتز     | ۲.۶ |
| ۲۱۳ | ..... انتگرال رمبرگ        | ۳.۶ |
| ۲۱۸ | ..... مجموعه تمرین‌های ۱.۶ |     |
| ۲۲۲ | ..... انتگرال گیری گاوسی   | ۴.۶ |
| ۲۲۷ | ..... مجموعه تمرین‌های ۲.۶ |     |

|     |       |                                           |
|-----|-------|-------------------------------------------|
| ۲۴۰ | ..... | ۵.۶ انتگرال‌های چندگانه                   |
| ۲۵۱ | ..... | مجموعه تمرین‌های ۳.۶                      |
| ۲۵۵ | ..... | ۷ مسائل مقدار اولیه                       |
| ۲۵۵ | ..... | ۱.۷ مقدمه                                 |
| ۲۵۶ | ..... | ۲.۷ روش سری تیلور                         |
| ۲۶۱ | ..... | ۳.۷ روش رانج-کوتا                         |
| ۲۷۰ | ..... | مجموعه تمرین‌های ۱.۷                      |
| ۲۷۶ | ..... | ۴.۷ پایداری و صلبیت                       |
| ۲۸۰ | ..... | ۵.۷ روش رانج-کوتا تطبیقی                  |
| ۲۸۷ | ..... | ۶.۷ روش پولینوم-استونر                    |
| ۲۹۳ | ..... | مجموعه تمرین‌های ۲.۷                      |
| ۳۰۱ | ..... | ۸ مسائل با دو نقطه مرزی                   |
| ۳۰۱ | ..... | ۱.۸ مقدمه                                 |
| ۳۰۲ | ..... | ۲.۸ روش برتابی                            |
| ۳۱۲ | ..... | مجموعه تمرین‌های ۱.۸                      |
| ۳۱۵ | ..... | ۳.۸ روش تفاضل محدود                       |
| ۳۲۴ | ..... | مجموعه تمرین‌های ۲.۸                      |
| ۳۳۱ | ..... | ۹ مسائل مقدار ویژه ماتریس متقارن          |
| ۳۳۱ | ..... | ۱.۹ مقدمه                                 |
| ۳۳۳ | ..... | ۲.۹ روش ژاکوبی                            |
| ۳۴۷ | ..... | ۳.۹ روش‌های توانی و توان معکوس            |
| ۳۵۴ | ..... | مجموعه تمرین‌های ۱.۹                      |
| ۳۶۱ | ..... | ۴.۹ ساده سازی جوس هولدر به فرم سه قطری    |
| ۳۶۸ | ..... | ۵.۹ مقادیر ویژه ماتریس‌های سه قطری متقارن |
| ۳۷۶ | ..... | مجموعه تمرین‌های ۲.۹                      |
| ۳۸۳ | ..... | ۱۰ مقدمه‌ای بر بهینه سازی                 |
| ۳۸۳ | ..... | ۱.۱۰ مقدمه                                |
| ۳۸۵ | ..... | ۲.۱۰ کمینه سازی در راستای یک خط           |
| ۳۹۱ | ..... | ۳.۱۰ روش پاول                             |



|     |                             |
|-----|-----------------------------|
| ۴۰۰ | ..... روش سیمپلکس داون هیل  |
| ۴۰۷ | ..... مجموعه تمرین های ۱.۱۰ |

## پیوست ها ..... F15

|     |                          |
|-----|--------------------------|
| ۴۱۵ | ..... پ-۱- سری های تیلور |
| ۴۱۸ | ..... پ-۲- جبر ماتریس ها |

## فهرست برنامه های کامپیوتری ..... F25

|     |              |
|-----|--------------|
| ۴۲۵ | ..... فصل ۲  |
| ۴۲۵ | ..... فصل ۳  |
| ۴۲۶ | ..... فصل ۴  |
| ۴۲۶ | ..... فصل ۶  |
| ۴۲۶ | ..... فصل ۷  |
| ۴۲۷ | ..... فصل ۸  |
| ۴۲۷ | ..... فصل ۹  |
| ۴۲۸ | ..... فصل ۱۰ |