

# محاسبات عددی

---

تالیف

**Rao V. Dukkipati**

ترجمه

**دکتر رحیم حسن زاده**

(استادیار دانشگاه صنعتی ارومیه)

**مهندس توحید پاشایی گلمرز**

(عضو هیأت علمی موسسه آموزش عالی علم و فن ارومیه)

**مهندس نسیم حسینی لاریجانی**



سرشناسه	: دوکی پاتی، راتو وی، ۱۹۴۵ - م. .Dukkipati, Rao V
عنوان و نام پدیدآور	: محاسبات عددی/ راتووی دوکی پاتی؛ ترجمه رحیم حسن زاده، توحید پاشایی گلمرز، نسیم حسینی لاریجانی.
مشخصات نشر	: تهران: تایماز، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	: ۳۹۰ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: 978-600-6776-71-2
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: Numerical methods,c2011.
موضوع	: آنالیز عددی
شناسه افروده	: حسن زاده، رحیم، ۱۳۵۷ - مترجم
شناسه افروده	: پاشایی گلمرز، توحید، ۱۳۶۴ - مترجم
شناسه افروده	: حسینی لاریجانی، نسیم، ۱۳۶۰ - مترجم
رده بندی کنگره	: QAT۳۹۷/د۸۶۴م۳ ۱۳۹۲
رده بندی دیویی	: ۵۱۸
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۲۶۳۳۳۹

## انتشارات تایماز

### محاسبات عددی

<i>www.kitabchi.ir</i>	ناشر:	تایماز
	مولف:	<b>Rao V. Dukkipati</b>
	مترجم:	دکتر رحیم حسن زاده - مهندس توحید پاشایی گلمرز مهندس نسیم حسینی لاریجانی
	حروفچینی:	گروه فنی تایماز ۰۲۱-۶۶۴۰۲۷۴۴
	مدیر اجرایی:	مجید باشعور
	چاپ و صحافی:	صادق
	نوبت چاپ:	دوم - ۱۳۹۸
	شمارگان:	۵۰۰
	قیمت:	۶۵۰۰۰۰ ریال
	شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۶۷۷۶-۷۱-۲

حق چاپ محفوظ و متعلق به انتشارات تایماز می باشد. 

آدرس: تهران - خیابان انقلاب - خیابان فخررازی - خیابان وحید نظری غربی - پلاک ۸۵ - طبقه ۳  
 تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۰۲۷۴۴ موبایل: ۰۹۱۲۷۲۴۴۵۳۵ واتس آپ: ۰۹۱۲۷۲۴۴۵۳۵ ایمیل: taymazpub@yahoo.com  
 ۰۴۱-۳۳۳۶۶۹۷۴ تلگرام: ۰۹۱۴۴۰۹۹۷۵۸ taymazpub@gmail.com

## مقدمه مولف

هدف تحلیل عددی ارائه‌ی حل برای مسائل پیچیده‌ی عددی تنها با بهره‌گیری از عملیات ساده‌ی جبری و نیز توسعه و ارزیابی روش‌هایی برای محاسبه‌ی نتایج عددی از داده‌های معین می‌باشد. روش‌های محاسباتی با نام الگوریتم‌ها شناخته می‌شوند. یک الگوریتم شامل یک سری محدود از قوانین و قواعد برای انجام محاسبات روی یک رایانه است به طوری که در هر لحظه این قواعد به شکل دقیق مشخص می‌کنند که رایانه در ادامه کدام عملیات را باید انجام بدهد. روش‌های عددی گرایش به تقریب پیاده‌سازی الگوریتم‌ها دارند. بنابراین، روش‌های عددی روش‌هایی برای حل مسائل کامپیوتری با استفاده از محاسبات عددی هستند که اغلب جدولی از اعداد و یا نمایش گرافیکی و شکل بدست می‌دهند. هدف این کتاب بیان یک فهم اساسی و پایه‌ای هم به شکل فیزیکی و هم به شکل ریاضیاتی از تئوری اساسی روش‌ها و تحلیل‌های عددی و کاربرد آن‌ها می‌باشد. در این کتاب، تلاش شده است تا به شکل ساده و اصولی تکنیک‌هایی که می‌توانند در مطالعه‌ی روش‌های عددی بکار روند ارائه شود. تاکید ویژه‌ای روی توسعه‌ی تحلیلی، الگوریتم‌ها و راه‌حل‌های محاسبات وجود دارد. مقصود از این کتاب آشنا کردن دانشجویان با پهنه‌ی وسیعی از مسائلی است که با روش عددی قابل پاسخگویی هستند. تاکید بیشتر بر روی کاربرد می‌باشد نه تئوری محض که در یک حالت اساساً ذهنی و شهودی ارائه می‌گردد. این مطلب برای فهم دانشجویان از طرز کارآیی و کمبود و نقایص هر تکنیک کافی به نظر می‌رسد. از آن جایی که من این کتاب را به عنوان اولین دوره‌ی آموزشی در روش‌های عددی در نظر دارم، لذا مفاهیم به شکل کاملاً ساده و روش‌های حل با جزئیات آمده است.

## مقدمه مترجمین

حل بسیاری از پدیده‌های فیزیکی در مباحث مهندسی و علوم پایه با استفاده از روش‌های شناخته شده تحلیلی غیرممکن و یا دشوار است. به همین دلیل اهمیت فراگیری روش‌های عددی به ویژه با پیشرفت کامپیوترها بر کسی پوشیده نیست.

اساتید گرامی درس محاسبات عددی به خوبی مستحضر هستند که آموزش این درس تنها از طریق حل مثال‌های مختلف در هر بخش امکانپذیر پذیر است. لذا منبعی که در هر بخش مثال‌های متنوعی را در اختیار خوانندگان قرار دهید، قطعاً مرجع مناسبی خواهد بود. از این نظر، این کتاب جهت تدریس در محاسبات عددی پیشنهاد می‌شود.

کتاب حاضر ترجمه کامل کتاب Numerical Methods نوشته پروفیسور Rao V. Dukkipati است که در سال ۲۰۱۰ توسط موسسه انتشاراتی New Age International به چاپ رسیده است. بیان بسیار سلیس به همراه حل مثال‌های متنوع در هر مطلب از مزیت‌های اصلی این کتاب به شمار می‌رود. از طرفی، مطالب این کتاب دقیقاً منطبق بر سر فصل‌های درس محاسبات عددی در دوره‌های کارشناسی کلیه رشته‌های فنی مهندسی و علوم پایه است. لذا مطالعه این کتاب را به همه دانشجویان عزیز پیشنهاد می‌کنیم.

با توجه به این که ترجمه حاضر نخستین ویرایش است که به چاپ می‌رسد، با وجود تلاش مترجمان، امکان وجود اشکالاتی در متن کتاب است، لذا مترجمان ضمن پوزش فراوان از اشکالات احتمالی، از اساتید گرانقدر و دانشجویان محترم خواهشمند است نظرات اصلاحی خویش را از طریق ناشر به اطلاع مترجمان برسانند تا در چاپ بعدی اصلاحات لازم صورت بگیرد.

در پایان از زحمات مسئول محترم انتشارات تایماز، جناب آقای مجید باشعور و سرکار خانم عبدالله پور بخاطر همکاری و مساعدت فراوان در چاپ این کتاب تقدیر و تشکر می‌نمائیم.

رحیم حسن‌زاده

توحید پاشایی گلمرز

نسیم حسینی لاریجانی

تابستان ۹۲

# فهرست مندرجات

۹	محاسبات عددی	۱
۹	قضیه تیلور	۱.۱
۱۲	نمایش عدد	۲.۱
۱۷	ملاحظات خطا	۳.۱
۱۹	خطاهای مطلق و نسبی	۱.۳.۱
۲۰	خطاهای ذاتی	۲.۳.۱
۲۰	خطاهای گرد کردن	۳.۳.۱
۲۵	خطای کوتاه سازی	۴.۳.۱
۲۷	اپسیلون دستگاه	۵.۳.۱
۲۷	انتشار خطا	۶.۳.۱
۲۸	تخمین خطا	۴.۱
۳۰	فرمول کلی خطا	۵.۱
۳۰	تقریب تابع	۱.۵.۱
۳۱	پایداری و حساسیت	۲.۵.۱
۳۳	عدم اطمینان در داده ها یا اختلال	۳.۵.۱
۳۳	دنباله ها	۶.۱
۳۴	همگرایی خطی	۱.۶.۱
۳۵	همگرایی درجه دوم	۲.۶.۱
۳۶	فرمول شتاب دهنده ی ایتکن	۳.۶.۱

۳۸	..... خلاصه	۷.۱
۳۸	..... مسائل	

**۲ دستگاه معادلات خطی**

۴۳	..... مقدمه	۱.۲
۴۳	..... روشهای حل	۲.۲
۴۵	..... معکوس ماتریس	۳.۲
۴۶	..... روش ماتریس معکوس	۴.۲
۴۸	..... ماتریس افزوده	۱.۴.۲
۵۲	..... روش حذفی گاوس	۵.۲
۵۳	..... روش گاوس - جردن	۶.۲
۵۸	..... روش مثلث سازی چولسکی	۷.۲
۶۴	..... روش کروت	۸.۲
۷۱	..... الگوریتم توماس برای دستگاه سه قطری	۹.۲
۷۷	..... روش تکرار ژاکوبی	۱۰.۲
۸۱	..... روش تکرار گاوس - سیدل	۱۱.۲
۸۷	..... خلاصه	۱۲.۲
۹۳	..... مسائل	
۹۴		

**۳ حل معادلات جبری و غیر جبری**

۹۹	..... مقدمه	۱.۳
۹۹	..... روش نصف کردن فاصله	۲.۳
۱۰۰	..... کران‌های خطا	۱.۲.۳
۱۰۲	..... روش نابجایی	۳.۳
۱۰۶	..... روش نیوتن - رافسون	۴.۳
۱۱۰	..... همگرایی روش نیوتن - رافسون	۱.۴.۳
۱۱۲	..... سرعت همگرایی روش نیوتن - رافسون	۲.۴.۳
۱۱۲	..... روش نیوتن - رافسون اصلاح شده	۳.۴.۳
۱۱۵		

۱۱۶	سرعت همگرایی روش نیوتن - رافسون اصلاح شده	۴.۴.۳
۱۱۸	روش تقریب متوالی	۵.۳
۱۲۰	تخمین خطا در روش تقریب متوالی	۱.۵.۳
۱۲۳	روش سکانت	۶.۳
۱۲۴	همگرایی روش سکانت	۱.۶.۳
۱۲۷	روش مولر	۷.۳
۱۳۰	روش چبیشف	۸.۳
۱۳۱	روش ایتکن $\Delta^2$	۹.۳
۱۳۳	مقایسه‌ی روش‌های تکراری	۱۰.۳
۱۳۴	خلاصه	۱۱.۳
۱۳۵	مسائل	

#### ۴ مشتق‌گیری عددی

۱۴۱	مقدمه	۱.۴
۱۴۲	مشتقات مبتنی بر فرمول درون یابی پیش‌رو نیوتن	۲.۴
۱۴۶	مشتقات مبتنی بر فرمول درون یابی پس‌رو نیوتن	۳.۴
۱۴۷	مشتقات مبتنی بر فرمول درون یابی استرلینگ	۴.۴
۱۵۰	حداکثر و حداقل تابع جدولی	۵.۴
۱۵۲	روش اسپلین درجه ۳	۶.۴
۱۵۳	خلاصه	۷.۴
۱۵۴	مسائل	

#### ۵ تفاضل‌های محدود و درون‌یابی

۱۵۹	مقدمه	۱.۵
۱۶۰	عملگرهای تفاضل محدود	۲.۵
۱۶۱	تفاضلات پیش‌رو	۱.۲.۵
۱۶۲	تفاضلات پس‌رو	۲.۲.۵
۱۶۳	تفاضلات مرکزی	۳.۲.۵

۱۶۶	انتشار خطا در جدول تفاضلی	۴.۲.۵
۱۷۰	خواص عملگر $\Delta$	۵.۲.۵
۱۷۱	عملگرهای تفاضلی	۶.۲.۵
۱۷۲	ارتباط بین عملگرها	۷.۲.۵
۱۷۷	نمایش یک چندجمله‌ای با استفاده از نماد فاکتوریل	۸.۲.۵
۱۸۱	درون‌یابی با فواصل مساوی	۳.۵
۱۸۱	مقادیر مفقود	۱.۳.۵
۱۸۲	فرمول بسط دو جمله‌ای نیوتن	۲.۳.۵
۱۸۴	فرمول درون‌یابی پیش‌رو نیوتن	۳.۳.۵
۱۹۰	فرمول درون‌یابی پس‌رو نیوتن	۴.۳.۵
۱۹۴	خطا در فرمول درون‌یابی	۵.۳.۵
۱۹۶	درون‌یابی با فواصل نامساوی	۴.۵
۱۹۶	فرمول لاگرانژ برای فواصل نامساوی	۱.۴.۵
۱۹۹	فرمول درون‌یابی هرمیت	۲.۴.۵
۲۰۲	درون‌یابی معکوس	۳.۴.۵
۲۰۲	فرمول لاگرانژ برای درون‌یابی معکوس	۴.۴.۵
۲۰۳	فرمول درون‌یابی تفاضل مرکزی	۵.۵
۲۰۵	فرمول درون‌یابی پیش‌رو گاوس	۱.۵.۵
۲۰۸	فرمول درون‌یابی پس‌رو گاوس	۲.۵.۵
۲۱۰	فرمول بسل	۳.۵.۵
۲۱۲	فرمول استرلینگ	۴.۵.۵
۲۱۴	فرمول لاپلاس - اورت	۵.۵.۵
۲۱۶	انتخاب فرمول درون‌یابی	۶.۵.۵
۲۱۷	تفاضل‌های تقسیم شده	۶.۵
۲۱۹	فرمول درون‌یابی تفاضل‌های تقسیم شده نیوتن	۱.۶.۵
۲۲۱	درون‌یابی اسپلاین درجه سوم	۷.۵
۲۲۷	خلاصه	۸.۵



۲۲۸	مسائل
۲۴۱	۶ برازش منحنی، رگرسیون و همبستگی
۲۴۱	۱.۶ مقدمه
۲۴۳	۲.۶ رابطه خطی
۲۴۴	۳.۶ برازش منحنی با رابطه خطی
۲۴۶	۴.۶ معیار برای بهترین برازش
۲۴۸	۵.۶ رگرسیون حداقل مربعات خطی
۲۴۹	۶.۶ تحلیل رگرسیون خطی
۲۵۲	۱.۶.۶ توابع MATLAB: polyfit و polyval
۲۵۴	۷.۶ تعبیر $a$ و $b$
۲۵۶	۸.۶ انحراف استاندارد خطاهای تصادفی
۲۵۶	۹.۶ ضریب تعیین
۲۵۸	۱۰.۶ همبستگی خطی
۲۶۳	۱۱.۶ خطی سازی روابط غیر خطی
۲۶۷	۱۲.۶ رگرسیون چند جمله‌ای
۲۷۱	۱۳.۶ تعریف خطای رگرسیون خطی
۲۷۳	۱۴.۶ رگرسیون خطی چند گانه
۲۷۵	۱۵.۶ روش حداقل مربعات وزنی
۲۷۶	۱۶.۶ چند جمله‌ای‌های متعامد و تقریب حداقل مربعات
۲۷۶	۱۷.۶ روش حداقل مربعات برای داده‌های پیوسته
۲۷۸	۱۸.۶ تقریب با استفاده از چند جمله‌ای‌های متعامد
۲۸۰	۱۹.۶ فرآیند متعامد سازی گرام - اشمیت
۲۸۲	۲۰.۶ مثال‌های اضافی و حل آنها
۲۸۷	۲۱.۶ خلاصه
۲۸۷	مسائل

## ۲۹۹ **انتگرال گیری عددی** ۷

۲۹۹	مقدمه	۱.۷
۳۰۰	خطای نسبی	۱.۱.۷
۳۰۱	فرمول مربع ساز نیوتن - کوتز	۲.۷
۳۰۲	قاعده‌ی ذوزنقه‌ای	۳.۷
۳۰۴	تخمین خطا در قاعده ذوزنقه‌ای	۱.۳.۷
۳۰۷	قاعده‌ی $\frac{1}{3}$ سیمپسون	۴.۷
۳۰۸	تخمین خطا در قاعده‌ی $\frac{1}{3}$ سیمپسون	۱.۴.۷
۳۱۱	قاعده‌ی $\frac{3}{8}$ سیمپسون	۵.۷
۳۱۴	قواعد بول و ودل	۶.۷
۳۱۴	قاعده‌ی بول	۱.۶.۷
۳۱۴	قاعده‌ی ودل	۲.۶.۷
۳۱۸	انتگرال گیری رامبرگ	۷.۷
۳۱۹	برون یابی ریچاردسون	۱.۷.۷
۳۲۰	فرمول انتگرال گیری رامبرگ	۲.۷.۷
۳۲۵	خلاصه	۸.۷
۳۲۶	مسائل	

## ۳۳۱ **حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی** ۸

۳۳۱	مقدمه	۱.۸
۳۳۴	روش‌های یک مرحله‌ای یا روش‌های تک مرحله‌ای	۲.۸
۳۳۵	روش تقریبات متوالی پیکارد	۱.۲.۸
۳۳۸	روش تیلور	۲.۲.۸
۳۴۲	روش‌های مرحله به مرحله یا روش‌های قدم به قدم	۳.۸
۳۴۳	روش اویلر	۱.۳.۸
۳۴۹	روش اویلر اصلاح شده	۲.۳.۸
۳۵۵	روش‌های رانگ - کوتا	۳.۳.۸

۳۶۵	..... روش‌های پیش‌بینی - تصحیح	۴.۳.۸
۳۷۵	..... خلاصه	۴.۸
۳۷۶	..... مسائل	