

به نام ایزد منان

# آنالیز عددی

(محاسبات عددی)

مؤلفان:

رضا پورقلی  
اسماعیل یوسفی  
روناک عزیزی

انتشارات آذرباد

زمستان ۱۳۸۴

پورقلی، رضا، ۱۳۵۵ -

آنالیز عددی (محاسبات عددی) / مولفان رضا پورقلی، اسماعیل یوسفی -  
روناک عزیزی. - تهران : آذریاد، ۱۳۸۴.  
۳۷۲ ص: نمودار.

ISBN 964-7099-58-4 : ۳۸۰۰۰ ریال

فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیبا.  
کتابنامه: ص. [۳۷۲].

۱. دانشگاهها و مدارس عالی - ایران - آزمونها، ۲. آنالیز عددی - مسائل، تمرینها و  
غیره (عالی). ۲. حساب عددی - مسائل، تمرینها و غیره (عالی). ۴. آزمون دوره های تحصیلات  
تکمیلی - ایران. الف. یوسفی، اسماعیل، ۱۳۵۲. ب. عزیزی، روناک، ۱۳۵۷. ج. عنوان. د.  
عنوان: محاسبات عددی

۳۷۸ / ۱۶۶۴

۱. B ۲۲۵۳ / ۸۸۷۱۸ پ

کتابخانه ملی ایران

۴۵۴۵۸ - ۸۴ م

نام کتاب: کتاب جامع آنالیز عددی (محاسبات عددی)  
تألیف: رضا پورقلی - اسماعیل یوسفی - روناک عزیزی  
ناشر: آذریاد

حروفنگاری و صفحه آرایی: مریم پاک‌نژاد

لیتوگرافی: طیف نگار

چاپ: طیف نگار

صحافی: صالحانی

نوبت چاپ: دوم (اول ناشر اسفند ۱۳۸۴)

شمارگان: ۲۲۰۰ نسخه

قیمت: ۳۸۰۰ تومان

شابک : ۹۶۳-۷۰۹۹ ۵۸-۴  
ISBN: 964-7099-58-4

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به ناشر است و هر نوع استفاده بدون اجازه کتبی  
ناشر ممنوع و قابل تعقیب و پیگرد قانونی خواهد بود.

مرکز پخش:

انتشارات آذریاد: تهران - میدان انقلاب - روبروی دبیرخانه دانشگاه تهران - ساختمان ۱۴۵۴

- طبقه سوم: تلفن ۶۶۴۹۵۰۴۸ تلفکس: ۶۶۴۹۶۱۲۳

|    |                                            |
|----|--------------------------------------------|
| ۱  | ۱.۱ منابع خطاها                            |
| ۱  | ۲.۱ نمایش اعداد                            |
| ۲  | ۱.۲.۱ نمایش اعداد در مبنای ده              |
| ۳  | ۲.۲.۱ نمایش اعداد در مبنای دو              |
| ۴  | ۳.۲.۱ تبدیل اعداد در سیستم دهدهی به دودویی |
| ۶  | ۴.۲.۱ الگوریتم تغییر مبنای دهدهی به دودویی |
| ۷  | ۵.۲.۱ تبدیل اعداد از مبنای دودویی به دهدهی |
| ۸  | ۳.۱ ارقام بامعنا                           |
| ۸  | ۴.۱ انتخاب تقریبی از یک عدد معلوم          |
| ۸  | ۱.۴.۱ روش قطع کردن                         |
| ۹  | ۲.۴.۱ روش گرد کردن                         |
| ۹  | ۵.۱ انواع خطا                              |
| ۹  | ۱.۵.۱ خطای قدرمطلق                         |
| ۱۰ | ۲.۵.۱ خطای نسبی                            |
| ۱۲ | ۶.۱ ارقام بامعنا درست یک تقریب             |
| ۱۵ | ۷.۱ حساب ممیز سیار                         |
| ۱۶ | ۸.۱ عملیات جبری روی خطاها (انتشار خطا)     |
| ۲۱ | ۹.۱ خطای محاسبه توابع و فرمول‌ها           |
| ۲۱ | ۱.۹.۱ خطای مطلق توابع یک‌متغیره            |
| ۲۱ | ۲.۹.۱ خطای مطلق توابع دو‌متغیره            |
| ۲۲ | ۳.۹.۱ خطای مطلق توابع $n$ متغیره           |
| ۲۲ | ۴.۹.۱ خطای نسبی توابع یک‌متغیره            |
| ۲۳ | ۵.۹.۱ خطای نسبی توابع دو‌متغیره            |
| ۲۴ | ۱۰.۱ مرتبه همگرایی دنباله‌ها               |
| ۲۵ | ۱۱.۱ مرتبه همگرایی توابع                   |

|     |                                         |
|-----|-----------------------------------------|
| ۲۶  | ۱۲.۱ پایداری روش‌های عددی               |
| ۲۹  | ۱۳.۱ مسأله‌های حل شده                   |
| ۳۲  | ۱۴.۱ تمرین                              |
| ۳۴  | ۱۵.۱ سؤال‌های آزمون کارشناسی‌ارشد       |
| ۳۸  | ۱۶.۱ آزمون فصل ۱                        |
| ۴۱  | ۲. حل معادلات جبری تک‌متغیره            |
| ۴۱  | ۱.۲ ریشه‌های چندجمله‌ای                 |
| ۴۵  | ۱.۱.۲ قاعده علامت‌های دکارت             |
| ۴۶  | ۲.۱.۲ محاسبه چندجمله‌ای‌ها در $x = x_0$ |
| ۴۹  | ۲.۲ تعیین تعداد و حدود ریشه‌ها          |
| ۴۹  | ۱.۲.۲ رسم منحنی                         |
| ۵۱  | ۲.۲.۲ جدول‌بندی مقادیر تابع             |
| ۵۳  | ۳.۲ حل عددی معادله $f(x) = 0$           |
| ۵۳  | ۱.۳.۲ روش دوبخشی یا روش تنصیف           |
| ۵۷  | ۲.۳.۲ روش وتری                          |
| ۶۲  | ۳.۳.۲ روش نابجایی                       |
| ۶۴  | ۴.۳.۲ روش تکرار ساده                    |
| ۷۵  | ۵.۳.۲ روش نیوتن - رافسون                |
| ۸۶  | ۴.۲ مسأله‌های حل شده                    |
| ۱۰۳ | ۵.۲ تمرین                               |
| ۱۰۶ | ۶.۲ سؤال‌های آزمون کارشناسی‌ارشد        |
| ۱۲۲ | ۷.۲ آزمون فصل ۲                         |
| ۱۲۵ | ۳. درونیابی و تقریب                     |
| ۱۲۵ | ۱.۳ درونیابی                            |
| ۱۲۵ | ۱.۱.۳ چندجمله‌ای درونیاب                |
| ۱۲۶ | ۲.۱.۳ درونیابی لاگرانژ                  |
| ۱۲۹ | ۳.۱.۳ روش تفاضلات تقسیم شده نیوتن       |
| ۱۳۸ | ۴.۱.۳ تفاضل‌های متناهی                  |

|     |                                           |
|-----|-------------------------------------------|
| ۱۴۹ | ۵.۱.۳ درونیایی با توابع اسپلاین           |
| ۱۵۲ | ۶.۱.۳ درونیایی معکوس                      |
| ۱۵۴ | ۲.۳ نظریه تقریب توابع                     |
| ۱۵۴ | ۱.۲.۳ مسأله بهترین تقریب                  |
| ۱۵۸ | ۲.۲.۳ روش حداقل مربعات                    |
| ۱۶۵ | ۳.۳ مسأله‌های حل شده                      |
| ۱۸۰ | ۴.۳ تمرین                                 |
| ۱۸۴ | ۵.۳ سؤال‌های آزمون کارشناسی ارشد          |
| ۲۰۳ | ۶.۳ آزمون فصل ۳                           |
| ۲۰۷ | ۴. مشتق‌گیری عددی                         |
| ۲۰۹ | ۱.۴ مشتق‌گیری عددی با استفاده از درونیایی |
| ۲۱۰ | ۱.۱.۴ نقاط با فاصله نامساوی               |
| ۲۱۳ | ۲.۱.۴ نقاط با فاصله مساوی                 |
| ۲۲۴ | ۲.۴ مشتق‌گیری عددی به روش ضرایب نامعین    |
| ۲۲۶ | ۳.۴ انتخاب گام بهینه                      |
| ۲۳۰ | ۴.۴ مسأله‌های حل شده                      |
| ۲۳۸ | ۵.۴ تمرین                                 |
| ۲۴۰ | ۶.۴ سؤال‌های آزمون کارشناسی ارشد          |
| ۲۴۶ | ۷.۴ آزمون فصل ۴                           |
| ۲۴۹ | ۵ انتگرال‌گیری عددی                       |
| ۲۵۰ | ۱.۵ قاعده دوزنقه‌ای                       |
| ۲۵۰ | ۱.۱.۵ روش دوزنقه‌ای ساده                  |
| ۲۵۱ | ۲.۱.۵ خطای قاعده دوزنقه‌ای ساده           |
| ۲۵۳ | ۳.۱.۵ روش دوزنقه‌ای مرکب                  |
| ۲۵۲ | ۴.۱.۵ خطای قاعده دوزنقه‌ای مرکب           |
| ۲۵۵ | ۲.۵ قاعده سیمپسون                         |
| ۲۵۵ | ۱.۲.۵ روش سیمپسون ساده                    |
| ۲۵۶ | ۲.۲.۵ قاعده سیمپسون مرکب                  |

|     |                                            |
|-----|--------------------------------------------|
| ۲۵۶ | ۳.۲.۵ خطای قاعده سیمپسون مرکب              |
| ۲۶۰ | ۴.۲.۵ الگوریتم روش سیمپسون مرکب            |
| ۲۶۲ | ۳.۵ روش نقطه میانی                         |
| ۲۶۳ | ۱.۳.۵ خطای روش نقطه میانی                  |
| ۲۶۵ | ۴.۵ روش نیوتن - کاتس                       |
| ۲۷۰ | ۵.۵ روش انتگرال‌گیری رامبرگ                |
| ۲۷۰ | ۱.۵.۵ روش رامبرگ دوزنقه‌ای                 |
| ۲۷۳ | ۲.۵.۵ روش رامبرگ سیمپسون                   |
| ۲۷۴ | ۶.۵ روش ضرایب نامعین                       |
| ۲۷۵ | ۷.۵ انتگرال‌گیری گاوسی                     |
| ۲۷۸ | ۸.۵ انتگرال دوگانه                         |
| ۲۷۸ | ۱.۸.۵ روش دوزنقه                           |
| ۲۷۹ | ۲.۸.۵ روش سیمپسون                          |
| ۲۸۲ | ۹.۵ مسأله‌های حل شده                       |
| ۲۹۸ | ۱۰.۵ تمرین                                 |
| ۳۰۱ | ۱۱.۵ سؤال‌های آزمون کارشناسی ارشد          |
| ۳۱۷ | ۱۲.۵ آزمون فصل ۵                           |
| ۳۱۹ | ۶ حل عددی معادلات دیفرانسیل                |
| ۳۲۰ | ۱.۶ روش‌های عددی برای حل مسأله مقدار اولیه |
| ۳۲۱ | ۲.۶ روش‌های تک‌گامی                        |
| ۳۲۱ | ۱.۲.۶ روش اویلر                            |
| ۳۲۶ | ۲.۲.۶ روش تیور                             |
| ۳۲۸ | ۳.۲.۶ روش پیراسته اویلر                    |
| ۳۳۰ | ۴.۲.۶ روش‌های رونگ - کونا                  |
| ۳۳۷ | ۳.۶ روش‌های چندگامی                        |
| ۳۳۸ | ۱.۳.۶ روش‌های آدامز - بشفورث               |
| ۳۴۱ | ۲.۳.۶ روش‌های آدامز - ملتون                |
| ۳۴۵ | ۴.۶ مسأله‌های حل شده                       |

۳۵۲

۳۵۴

۳۶۹

۵.۶ تمرین

۶.۶ سؤال‌های آزمون کارشناسی ارشد

۷.۶ آزمون فصل ۶

www.ketab.ir

## پیشگفتار

آنالیز عددی علم و محاسبات عددی هنر است.

از آنجایی که بسیاری از مسأله‌های ریاضی را نمی‌توان به روش تحلیلی حل نمود، ناگزیر به روش‌های عددی و تقریبی روی می‌آوریم. امروزه با وجود کامپیوتر، آنالیز عددی از اهمیت بیشتری برخوردار شد و راه اصلی خود را یافت. تقریب ریشه معادله، تقریب انتگرال، حل عددی معادلات دیفرانسیل و معادله با مشتقات جزئی و حل دستگاه معادلات خطی و غیرخطی، نمونه‌هایی از مباحث محاسبات عددی است. به خاطر اهمیت این درس، بسیاری از دانشجویان فنی و مهندسی و علوم پایه با این درس مواجه هستند. علاوه بر این، نگاهی به داوطلبان کنکور کارشناسی ارشد، نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر تقاضا برای ادامه تحصیل در دوره‌های تحصیلات تکمیلی به‌طور چشمگیری افزایش یافته و چون محاسبات عددی یکی از درس‌هایی است که در آزمون کارشناسی ارشد مطرح است، لذا، بر آن شدیم مجموعه‌ای را تهیه و ارائه نماییم تا نیاز این دانشجویان را برآورده سازیم.

این کتاب شامل ۶ فصل به ترتیب خطاها، درونیایی و تقریب، حل عددی معادلات، مشتق‌گیری عددی، انتگرال‌گیری عددی و حل عددی معادلات دیفرانسیل می‌باشد. هر فصل این کتاب شامل مطالب درسی به‌طور کامل به همراه برهان قضایای مطرح شده و مثال‌های متنوع، مسأله‌های حل شده، تمرین، سؤال‌های آزمون کارشناسی ارشد و آزمون چهارگزینه‌ای فصل است.

راه‌حل‌های ارائه شده در کتاب به‌طور کامل آورده شده است، همچنین در سؤال‌های آزمون کارشناسی ارشد سعی شده است از راه‌حل‌های کوتاه‌تر استفاده شود تا دانشجو خود را برای حل این نوع مسأله‌ها در کنکور کارشناسی ارشد آماده سازد.

امیدواریم این مجموعه بتواند رضایت خاطر مخاطبان عزیز را فراهم آورد.

در خاتمه لازم می‌دانیم از مدیریت محترم انتشارات آذرباد، جناب آقای سعید احمدی در خصوص فراهم آوردن امکان چاپ این اثر و سرکار خانم مریم پاک‌نژاد که زحمت حروفچینی و صفحه‌آرایی کتاب را برعهده داشتند کمال تشکر و امتنان خود را به جا آوریم.

بی‌شک این اثر بدون اشکال نخواهد بود، لذا از همه عزیزان تقاضا داریم که با یادآوری ایرادها و ارائه پیشنهادات سازنده، ما را مرهون لطف خود سازند.