

آنالیز عددی

خلاصه مطالب درسی

نکات ویژه کنکوری

تست های طبقه بندی شده موضوعی کنکور کارشناسی ارشد
با پاسخ تشریحی



مؤلف: سید داود منصوری

انتشارات آزاده



انتشارات آزاده

ناشر سری کتابهای رایمان ارشد

کنکور کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر

جلد ۱: آنالیز عددی

□ تألیف: سید داود منصوری

□ حروفچینی و صفحه آرایی: انتشارات آزاده

□ طرح روی جلد: آرش داده

□ لیتوگرافی: مؤسسه امید

□ چاپ: مروی

□ صحافی: آزاده

□ شمارگان: ۲۰۰۰ نسخه

□ چاپ اول - مرداد ۱۳۸۴

□ ناشر: انتشارات آزاده

□ بهاد: ۵۴۰۰۰ ریال

□ شابک: ۹۶۴-۵۰۱-۰۳۶-۵ دوره ۳-۳۷-۰۳۷-۵۰۱-۹۶۴

مستولیت مطالب کتاب به عهده مؤلف و حق چاپ و نشر برای ناشر محفوظ است.

● مرکز پخش: انتشارات آزاده - خیابان انقلاب، مقابل دانشگاه تهران، بین خیابان فخر رازی و خیابان دانشگاه، جنب بانک ملت، پاساژ پلاک ۱۳۳۸، طبقه زیر همکف - کدپستی: ۱۳۱۴۷ تلفن: ۶۶۴۱۴۳۷۴-۶۶۴۱۵۷۵۳-۶۶۴۱۴۵۱۰ دورنویس: ۶۶۴۱۴۵۱۰

منصوری، داوود

آنالیز عددی / مؤلف داوود منصوری. — تهران: آزاده، ۱۳۸۴.

۵۲۵ ص. — (کنکور کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر؛ ج. ۱) (سری کتابهای آمادگی برای کنکور کارشناسی ارشد رایمان ارشد)

ISBN: 964-501-037-3 (دوره)

ISBN: 964-501-036-5 (ج. ۱)

فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیا.

۱. کامپیوترها — راهنمای آموزشی (حالی). ۲. کامپیوترها — آزمونها و تمرینها (حالی). ۳. دانشگاهها و مدارس عالی — ایران —

آزمونها. ۴. آزمون دوره‌های تحصیلات تکمیلی — ایران. ۵. آنالیز عددی — راهنمای آموزشی (حالی). ۶. آنالیز عددی — آزمونها و

تمرینها (حالی). الف. عنوان. ب. فروست: کنکور کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر؛ ج. ۱.

۳۷۸/۱۶۶۶

LB ۳۵۴ / ک ۸۸۱۲۱۳

ج. ۱.

۱۷۳۹۹ - ۸۴ م

کتابخانه ملی ایران

مقدمه ناشر

این مجموعه (سری کتاب‌های آمادگی برای کنکور کارشناسی ارشد در بیش از ۷۰ جلد) حاصل سعی و تلاش فراوان و دقت نظر و انتقال دانش و تجربه بیش از یکصد نفر از نیروی جوان و متخصص با تحصیلات عالی دانشگاهی از دانشگاه‌های معتبر صنعتی امیرکبیر، صنعتی شریف، دانشگاه تهران و تربیت مدرس است. در این مجموعه با بهره‌گیری از کادر فنی مجرب نشر، سعی بر آن بوده که کیفیت کار، چه از نظر علمی و چه از نظر فنی رضایت‌بخش باشد، به ویژه حروفچینی و صفحه‌بندی شکیل متن کتاب که در تمایز این مجموعه با موارد مشابه آن تأثیر بسزایی دارد.

با توجه به نکات یاد شده پیش‌بینی می‌شود که راهیان کنکور کارشناسی ارشد با مطالعه این مجموعه ضمن صرفه‌جویی در وقت برای تهیه منابع معتبر، با مفاهیم و نکات ضروری مفیدی آشنا خواهند شد.

رئیس‌ان ارشد سعی و تلاشی بوده برای ارائه مجموعه‌ای کاملی از بهترین خلاصه درس‌ها، نکات کاملاً ویژه کنکوری و تست‌های طبقه‌بندی شده موضوعی سال‌ها کنکور کارشناسی ارشد با پاسخ تشریحی براساس سرفصل‌های مصوب شورای عالی برنامه‌ریزی و همچنین سرفصل‌های متداول در دانشگاه‌ها که به عنوان مرجعی معتبر برای استفاده داوطلبان کنکور دانشگاه‌های سراسری و آزاد به بازار عرضه شده است.

انتشارات آزاده از کلیه عزیزانی که به هر شکل در تولید این مجموعه سهمی داشته‌اند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نماید و نیز کلیه کاستی‌ها و اشکالات موجود را برعهده می‌گیرد و به همین منظور و برای رفع آن‌ها در انتظار دریافت نظرات انتقادی از استادان گرانقدر، دانشجویان و دیگر خوانندگان این مجموعه و حتی همکاران است.

تهران - تابستان ۱۳۸۲

جعفر بدوستانی

مهدی مرتضوی

مقدمه مؤلف این کتاب و سرپرست گروه مؤلفین

سری کتاب‌های آمادگی برای کنکور کارشناسی ارشد «راهیان ارشد» که اینک با عنایت حضرت باری تعالی چاپ و در دسترس شما دانشجویان پرشور و اشتیاق جویای علم و دانش و علاقمندان و استادان رشته‌های فنی و مهندسی قرار می‌گیرد شاید جزء اولین کتاب‌هایی هستند که در این زمینه به صورت منحصر به فرد تدوین و تالیف و طبقه‌بندی شده‌اند. با توجه به رقابتی که بین داوطلبان کنکور کارشناسی ارشد وجود دارد و همچنین علاقه و اشتیاق وافر جوانان به ادامه تحصیل، و از طرفی کمبود و گاه‌آ نبود مراجع مفید علمی، نیاز به ارائه مجموعه کاملی که دارای ویژگی‌های برتری بوده و برای داوطلبان عزیز مفید واقع شود احساس می‌شد، به همین منظور مجموعه کتاب‌های راهیان ارشد برای آمادگی داوطلبان کنکور کارشناسی ارشد گردآوری و تالیف شد.

یکی از ویژگی‌هایی که این کتاب‌ها را از سایر کتاب‌های موجود در بازار متمایز می‌کند نحوه تألیف این کتاب‌ها است. برای هر رشته چندین مجلد به تناسب حجم دروس و مطالب، تهیه گردیده است. هر جلد شامل تعدادی از دروس رشته مربوطه است. هر درس نیز متشکل از یکسری فصول می‌باشد که مطابق سرفصل‌های آموزش عالی تألیف شده و هر فصل از ۳ بخش تشکیل گردیده است. بخش اول خلاصه مطالب درس و نکات ویژه کنکوری، بخش دوم تست‌های طبقه‌بندی شده موضوعی کنکورهای سراسری و دانشگاه آزاد اسلامی و بخش آخر، پاسخ تشریحی این تست‌ها است. با توجه به اینکه تست‌های کنکور بهترین منبع تستی برای داوطلبان است، تمام تست‌های ارائه شده در این مجموعه از تست‌های کنکور است. بجز در موارد خاصی که تعداد تست‌ها کافی نبوده و مؤلفین محترم اقدام به طراحی تست نموده‌اند.

ویژگی دیگری که این مجموعه دارد بهره‌گیری از مؤلفینی، با توانایی علمی بالا است، که همگی از دانشجویان و فارغ‌التحصیلان ممتاز کارشناسی ارشد و دکتری دانشگاه‌های امیرکبیر، شریف، دانشگاه تهران و تربیت مدرس هستند که در بین آنها تعدادی از نفرات برتر کنکور کارشناسی ارشد و دانشجویان موفق در العیادهای علمی حضور دارند.

با توجه به مطالب فوق روشن است که با مطالعه این کتاب‌ها، داوطلبان کنکور از کتاب‌های دیگری که در بازار موجود است و همچنین کلاس‌های کنکور بی‌نیاز خواهند شد چون سعی شده است مطالب مورد نیاز برای کنکور کارشناسی ارشد شامل درس، نکات کنکوری، تست‌های طبقه‌بندی شده با پاسخ تشریحی در این مجموعه گردآوری شود.

کتابی که در دسترس شما قرار می‌گیرد جلد اول از مجموعه کتاب‌های ویژه رشته علوم کامپیوتر بوده و شامل دروس آنالیز عددی ۱ و ۲ است و توسط آقای سید داود منصوری (کارشناس ارشد ریاضی) تألیف گردیده است.

اینجانب مراتب تشکر و قدردانی خود را از مدیریت محترم انتشارات آزاده، جناب آقای جعفر بدوستانی و همچنین جناب آقای مهدی مرتضوی و از گروه حروفچینی و ترسیم اشکال انتشارات آزاده خانمها فرزانه محمدلو و معصومه رضائی و شیرین شیروانی ابراز می‌دارم.

با توجه به اینکه هیچ کتابی خالی از اشکال نیست از کلیه خوانندگان ارجمند کتاب خواهشمندم کلیه اشکالات علمی و تایپی را به ناشر محترم یادآور شوند تا در چاپ‌های بعدی مدنظر قرار گرفته و مجموعه‌ای با حداقل اشکالات در اختیار داوطلبان قرار گیرد.

به امید موفقیت

بهزاد خداکرمی

تهران تابستان ۱۳۸۴

فهرست مطالب

فصل اول: خطاها	۱
۱-۱- مقدمه	۱
۱-۲- خطاها	۲
۱-۳- دقت در برابر خطاها	۲
۱-۴- نمایش اعداد حقیقی با ممیز شناور	۲
۱-۵- روش گرد کردن عدد حقیقی	۴
۱-۶- انواع خطاها	۵
۱-۶-۱- خطای مطلق	۵
۱-۶-۲- خطای مطلق حدی	۶
۱-۶-۳- خطای نسبی	۷
۱-۷- نمایش اعداد حقیقی در مبنای دو	۱۲
۱-۸- تغییر نمایش اعداد در مبناهای مختلف	۱۸
۱-۹- ارقام با معنای درست تقریب	۱۹
۱-۱۰- عملیات جبری روی خطاها	۲۶
۱-۱۰-۱- خطای جمع اعداد تقریبی	۲۷
۱-۱۰-۲- خطای تفریق اعداد تقریبی	۲۹
۱-۱۰-۳- خطای ضرب اعداد تقریبی	۳۰
۱-۱۰-۴- خطای تقسیم اعداد تقریبی	۳۱
۱-۱۰-۵- پایداری الگوریتم‌های محاسباتی	۳۲
۱-۱۰-۶- خطای حاصل از محاسبه توابع ریاضی	۳۹
فصل دوم: محاسبه ریشه‌های تقریبی معادلات غیرخطی ۵۶	
۱-۲- مقدمه	۵۶
۲-۲- تعاریف مقدماتی	۵۶
۲-۲-۱- تابع خطی	۵۶
۲-۲-۲- تابع جبری	۵۷
۲-۲-۳- تابع متوالی	۵۷
۲-۲-۴- چند جمله‌ای‌های حقیقی و مختلط	۵۷
۲-۳- قضایای مقدماتی آنالیز ریاضی	۵۸
۲-۴- تعیین تعداد ریشه‌های معادله و یافتن مکان تقریبی ریشه‌ها	۶۲
۲-۴-۱- رسم نمودار تابع $y = f(x)$	۶۲
۲-۴-۲- روش تعیین علامت تابع معادله	۶۶
۲-۵- تعیین ریشه‌های معادله با دقت لازم	۶۹
۲-۵-۱- خواص دنباله‌ها	۶۹
۲-۵-۲- روش تنصیف (دوبخشی)	۷۱
۲-۵-۳- همگرایی روش تنصیف	۷۳
۲-۵-۴- معیارهای توقف در روش تنصیف	۷۶
۲-۵-۵- فلوجارت روش تنصیف	۷۸
۲-۵-۶- روش نیمه‌جایی	۸۰
۲-۵-۷- مقایسه دو روش نیمه‌جایی و تنصیف	۸۲
۲-۵-۸- روش تکراری (نقطه ثابت)	۸۳
۲-۵-۹- شرایط همگرایی روش‌های تکراری	۸۶
۲-۵-۱۰- مرتبه همگرایی روش تکراری (نقطه ثابت)	۹۲
۲-۵-۱۱- روش نیوتن - رافسون	۹۳
۲-۵-۱۲- همگرایی روش نیوتن	۹۶
۲-۵-۱۳- ویژگی‌های روش نیوتن - رافسون	۹۷
۲-۵-۱۴- روش تسریع ایتکن برای روش‌های تکراری	۹۸
۲-۵-۱۵- روش خط قاطع (وتری)	۱۰۰
۲-۵-۱۶- حل معادلات با ریشه‌های تکراری	۱۰۲
۲-۵-۱۷- تصمیم روش نیوتن برای حل دستگاه معادلات غیرخطی	۱۰۸
فصل سوم: حل عددی معادلات به صورت چند جمله‌ای ۱۲۶	
۱-۳- مقدمه	۱۲۶
۲-۳- خواص معادلات چند جمله‌ای	۱۲۶
۳-۳- روش هرزنر	۱۳۲
فصل چهارم: درونیایی و برونیایی ۱۴۵	
۱-۴- مقدمه	۱۳۵
۲-۴- چند جمله‌ای درونیاب	۱۳۵
۳-۴- درونیایی لاگرانژ	۱۳۷
۴-۴- چندجمله درونیایی نیوتن	۱۵۱
۵-۴- بهترین چند جمله‌ای درونیاب برای تابع f	۱۵۷

فصل هفتم: مروری بر مفاهیم اساسی جبر خطی.....	۲۵۸
۱- مقدمه.....	۲۵۸
۲- فضای برداری.....	۲۵۸
۳- زیر فضای فضای برداری.....	۲۶۰
۴- مجموعه‌های مستقل و وابسته در یک فضای برداری.....	۲۶۲
۵- بردارها.....	۲۶۳
۶- بردارهای متعامد.....	۲۶۵
۷- ماتریس‌ها.....	۲۶۵
۸- دترمینان ماتریس مربعی.....	۲۶۹
۹- چند جمله‌ای مشخصه، مقادیر و بردارهای ویژه یک ماتریس.....	۲۷۰
۱۰- ممکوس ماتریس مربعی.....	۲۷۳
۱۱- نکاتی در مورد طریقه ممکوس‌گیری ماتریس مربعی.....	۲۷۶
۱۲- بعضی از ماتریسهای خاص.....	۲۷۹
۱۳- نرم‌های بردار و ماتریس.....	۲۸۷
۱۴- همگرایی دنباله ماتریسها.....	۲۹۱
۱۵- ویژگی‌های ناوردایی نرم ماتریسهای متعامد.....	۲۹۵
فصل هشتم: بررسی خطا در محاسبات ماتریسی و پایداری الگوریتم‌ها.....	۳۱۵
۱- محاسبه طول بردار.....	۳۱۵
۲- خطای محاسبه ضرب داخلی دو بردار.....	۳۱۸
۳- کرشهای خطا برای محاسبات ماتریسی ممیز شناور.....	۳۲۰
۴- پایداری الگوریتم‌های محاسباتی.....	۳۲۱
۱- ۴- الگوریتم محاسبه نرم یک بردار.....	۳۲۱
۲- ۴- الگوریتم محاسبه ضرب داخلی دو بردار.....	۳۲۲
۳- ۴- الگوریتم محاسبه ممکوس ماتریس بالا مثلثی.....	۳۲۳
۵- ۴- الگوریتم روش حذفی گوس برای حل سیستم $Ax = b$	۳۲۵
۵- نظریه پایداری الگوریتم‌ها.....	۳۲۹
فصل نهم: الگوریتم‌های مؤثر تبدیلات مهم در محاسبات ماتریسی.....	۳۴۱
۱- تعاریف.....	۳۴۱

۴- چند جمله‌ای درونیاب لیتکن (Lutken).....	۱۶۰
۷- چندجمله‌ای‌های درونیاب برای نقاط جدولی متساوی‌فاصله.....	۱۶۲
۸- درونیابی ممکوس.....	۱۶۵
۹- چند جمله‌ای کمترین مربعات چند جمله‌ای درونیاب.....	۱۶۸
۹- ۱- خط کمترین مربعات.....	۱۶۸
۱۰- چند جمله‌ای درونیاب هرمیتی (Hermite).....	۱۷۰
۱۱- چندجمله‌ای‌های درونیاب اسپلاین (Spline).....	۱۷۱
فصل پنجم: مشتق‌گیری عددی و انتگرال‌گیری عددی.....	۱۹۱
۱- مشتق با استفاده از درونیابی لاگرانژ.....	۱۹۱
۲- مشتق‌گیری عددی با درونیابی نیوتن.....	۱۹۸
۳- خطای مشتق‌گیری عددی.....	۲۰۱
۴- مشتق عددی برای مراتب بالاتر برای نقاط متساوی‌فاصله.....	۲۰۲
۵- انتگرال‌گیری عددی.....	۲۰۴
۵- ۱- روش نوزنهای.....	۲۰۴
۵- ۲- روش سیمپسون.....	۲۰۶
۵- ۳- روش نقطه میانی.....	۲۰۸
۵- ۴- روش رامبرگ.....	۲۱۱
۵- ۵- روش نیوتن (ضرایب مجهول).....	۲۱۴
فصل ششم: حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی.....	۲۳۵
۱- مقدمه.....	۲۳۵
۲- روش لویلر.....	۲۳۵
۳- روش لویلر اصلاح شده.....	۲۳۶
۴- روش بسط تیلور.....	۲۳۷
۵- روش هیون.....	۲۳۹
۶- روشهای رونگه-کوتا.....	۲۴۱
۷- روشهای چندگامی.....	۲۴۳
۶- ۱- روش لامز.....	۲۴۳
۶- ۲- روش میلن-سیمپسون.....	۲۴۶
۶- ۸- حل عددی دستگاه معادلات دیفرانسیل معمولی.....	۲۴۶
۶- ۹- حل عددی معادلات دیفرانسیل مراتب بالاتر.....	۲۴۸

چندانیی.....	۴۱۸	۲-۹- محاسبه پیچیدگی زمانی الگوریتمها.....	۳۳۳
۱-۲-۸- دستگاه معادلات خطی خاص.....	۴۱۹	۱-۲-۹- محاسبه ضرب داخلی دو بردار.....	۳۳۳
۱-۲-۱- دستگاه معادلات معین مثبت متقارن.....	۴۱۹	۲-۲-۹- محاسبه ضرب خارجی دو بردار.....	۳۳۳
۱-۲-۸- روش حذفی گاوسی برای ماتریس معین	۴۲۰	۳-۲-۹- محاسبه ضرب ماتریس در یک بردار.....	۳۳۳
مثبت متقارن.....	۴۲۰	۴-۲-۹- محاسبه ضرب ماتریس‌های بالا مثلثی.....	۳۳۴
۱-۲-۸- دستگاه معادلات هسنبرگ.....	۴۲۵	۵-۲-۹- محاسبه ضرب دو ماتریس.....	۳۳۴
۱-۲-۸- دستگاه‌های مسلط قطری.....	۴۲۷	۶-۲-۹- ضرب ماتریس هاوس هولدر در یک ماتریس دیگر.....	۳۳۵
۱-۲-۸- دستگاه معادلات سه قطری.....	۴۲۸	۷-۲-۹- حل دستگاه معادلات خطی با ماتریس بالا مثلثی.....	۳۳۷
۱-۲-۸- دستگاه معادلات سه قطری بلوکی.....	۴۲۹	۸-۲-۹- محاسبه معکوس ماتریس بالا مثلثی.....	۳۳۷
۱-۲-۹- دترمینان و معکوس ماتریس‌ها.....	۴۳۱	۹-۲-۹- محاسبه الگوریتم حذفی گاوس.....	۳۳۸
۱-۲-۱- تحلیل خطا در دستگاه معادلات خطی.....	۴۳۵	۳-۹- تبدیلات مهم در محاسبات ماتریسی.....	۳۳۸
۱-۲-۱۱- رابطه بین تکنی، مقادیر ویژه با عدد وضعی.....	۴۴۰	۱-۳-۹- ماتریس‌های مقدمانی و تجزیه LU.....	۳۳۸
۱-۲-۱۰- اصلاح تکراری.....	۴۴۱	۲-۳-۹- پایداری روش حذفی گاوسی.....	۳۶۶
۳-۱۰- روشهای تکراری.....	۴۴۲	۳-۳-۹- تبدیلات هاوس هولدر و تجزیه QR.....	۳۶۷
۱-۳-۱۰- روش ژاکوبی.....	۴۴۳	۳-۳-۹- ماتریس‌های گیونز و تجزیه QR و تبدیل هسنبرگ.....	۳۶۷
۱-۳-۲- روش گوس-سایدل.....	۴۴۶		۳۸۳
۱-۳-۲- روش فوق تخفیف متوالی (SOR).....	۴۴۸	۵-۳-۹- ماتریسهای گیونز و تجزیه QR.....	۳۸۸
۱-۳-۲- روش گرادیان مزدوج (CG).....	۴۵۱	۶-۳-۹- ماتریسهای گیونز و شکل تبدیل هسنبرگ.....	۳۹۱
۱-۳-۵- تجزیه چولسکی ناقص (ICF) برای ماتریسهای	۴۵۱	۷-۳-۹- پایه‌های متعامد و تصاویر متعامد.....	۳۹۳
معین مثبت متقارن.....	۴۵۳	۸-۳-۹- تجزیه QR با محورگیری ستون.....	۳۹۶
۱-۳-۲-۶- روش Arnoldi و GMRS.....	۴۵۴	۹-۳-۹- تجزیه متعامد کامل.....	۳۹۸
۷-۳-۱۰- روش GMRES (Generalized Minimal Residual)	۴۵۵	۴-۹- جدول مقایسه بین روش‌های محاسباتی تجزیه‌های LU و	۴۰۰
(تعمیم یافته ملکه می‌نمال).....	۴۵۶	QR.....	۴۰۰
فصل یازدهم: مساله کمترین مربعات برای دستگاههای		فصل دهم: حل دستگاه معادلات خطی.....	۴۱۰
معادلات خطی.....	۴۶۸	۱-۱۰- مقدمه.....	۴۱۰
۱-۱۱- مقدمه.....	۴۶۸	۲-۱۰- روشهای مستقیم.....	۴۱۲
۲-۱۱- وجود و یکتایی جواب.....	۴۶۹	۱-۲-۱۰- جواب یک دستگاه پایین مثلثی.....	۴۱۲
۳-۱۱- شبه وارون و مساله کمترین مربعات.....	۴۷۳	۲-۲-۱۰- روش حذفی گاوسی بدون محور.....	۴۱۲
۴-۱۱- تأثیر خطاها در مساله کمترین مربعات (تحلیل حساسیت)	۴۷۵	۳-۲-۱۰- روش حذفی گاوس با محور جزیی.....	۴۱۲
.....	۴۷۵	۴-۲-۱۰- روش حذفی گاوس با محور کامل.....	۴۱۳
۵-۱۱- روشهای محاسباتی برای مسائل کمترین مربعات.....	۴۷۸	۵-۲-۱۰- حل دستگاه معادلات خطی بدون تجزیه صریح.....	۴۱۵
۱-۱۱-۵- روش معادلات نرمال.....	۴۷۸	۶-۲-۱۰- حل دستگاه $Ax=b$ با تجزیه QR.....	۴۱۷
۱۱-۲-۲- روش‌های تجزیه QR برای مساله رتبه کامل.....	۴۸۱	۷-۲-۱۰- حل دستگاه معادلات خطی با بردارهای	
۱۱-۵-۳- روش تجزیه QR برای حالت رتبه ناقص.....	۴۸۷		

۵۰۷	۱۲ - ۳ - قضایای قرص گرشگورین
۵۰۹	۱۲ - ۵ - کران‌های مقادیر ویژه و نرم‌های ماتریسی
۵۱۰	۱۲ - ۶ - لختی یک ماتریس
	۱۲ - ۷ - قاعده مقادیر و بردارهای ویژه غالب در دستگاههای
۵۱۱	دینامیک
۵۱۱	۱۲ - ۸ - روش توانی
۵۱۳	۱۲ - ۹ - روش توانی با انتقال
۵۱۵	۱۲ - ۱۰ - معکوس روش توانی (تکرار معکوس)
۵۱۶	۱۲ - ۱۱ - روش خارج قسمت ریلی
۵۱۸	۱۲ - ۱۲ - روش تکرار خارج قسمت ریلی
۵۱۹	۱۲ - ۱۳ - محاسبه همه مقادیر ویژه زیر غالب
۵۲۰	۱۲ - ۱۴ - تبدیلات ماتریس‌های متشابه و مقادیر ویژه
۵۲۱	۱۲ - ۱۵ - تحلیل حساسیت مسائل مقدار ویژه

۱۱ - ۵ - ۳	تجزیه مقدار تکین برای مسأله کمترین مربعات
۳۹۰	(SVD)
۳۹۱	۱۱ - ۶ - دستگاههای فروممین
۱۱ - ۶ - ۱	جواب می‌نیم - نرم مسأله فروممین با رتبه کامل با
۳۹۱	استفاده از معادلات نرمال
۳۹۲	۱۱ - ۶ - ۲ - تجزیه QR برای دستگاههای فروممین
۳۹۳	۱۱ - ۷ - اصلاح تکراری
۳۹۴	۱۱ - ۸ - محاسبه ماتریس وارینانس - کواریانس $(A^T A)^{-1}$
۵۰۲	فصل دوازدهم: مسائل مقادیر ویژه ماتریس
۵۰۲	۱۲ - ۱ - مقدمه
۵۰۴	۱۲ - ۲ - مثلث سازی شور (Schur) و کاربردهای آن
۵۰۶	۱۲ - ۳ - صورت استاندارد جوردن