

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

press.um.ac.ir

press.um.ac.ir



جبر خطی عددی و کاربردها

جلد اول

چاپ پنجم

بیسوا نات داتا

ترجمه:

دکتر فائزه توتونیان
استاد دانشگاه فردوسی مشهد

Datta, Biswa Nath

داتا، بیسوا نات

سرشناسه:

جبر خطی عددی و کاربردها / تألیف بیسوا نات داتا؛ ترجمه فائزه توتونیان.

عنوان و نام پدیدآور:

مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۸.

مشخصات نشر:

ج. ۲ (جلد اول ۶۳۲ ص؛ جلد دوم ۴۵۴ ص).

مشخصات ظاهری:

انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۵۱۸ و ۵۲۷

فروست:

ISBN: 978-964-386-194-0

شابک:

Numerical linear algebra and applications, c1995.

وضعیت فهرست نویسی: فایا.

یادداشت: عنوان اصلی:

یادداشت: کتابنامه.

یادداشت: نمایه.

موضوع: جبر خطی.

موضوع: آنالیز عددی.

شناسه افزوده: توتونیان، فائزه، ۱۳۲۶ - مترجم

شناسه افزوده: دانشگاه فردوسی مشهد.

رده بندی کنگره: QA ۱۸۴/د۲ ج ۲ ۱۳۸۸

رده بندی دیویی: ۵۱۲/۵

شماره کتابشناسی ملی: ۱۵۸۴۱۵۶

جبر خطی عددی و کاربردها (جلد اول)

پدیدآورنده: بیسوا نات داتا

ترجمه: دکتر فائزه توتونیان

ویراستار علمی: دکتر اصغر کرایه چیان

مشخصات: وزیری، ۳۰۰ نسخه، چاپ پنجم، بهار ۱۴۰۰ (اول، ۱۳۸۸)

چاپ و صحافی: چاپخانه دقت

بها: ۹۹۰/۰۰۰ ریال

حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.

مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، جنب سلف یاس

تلفن: ۳۸۸۰۲۶۶۶ - ۳۸۸۳۳۷۲۷ (۰۵۱)

مؤسسه کتابیران: تهران، خیابان کارگر جنوبی، خیابان لبافی نژاد، بین خیابان فروردین و اردیبهشت،

شماره ۲۳۸، تلفن: ۶۶۴۹۴۴۰۹ - ۶۶۴۸۴۷۱۵ (۰۲۱)

مؤسسه دانشیران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نبش خیابان نظری، شماره ۱۴۲

تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰ - ۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

<http://press.um.ac.ir>

Email: press@um.ac.ir



فهرست مطالب

در مورد نویسنده.....	۱۱
پیشگفتار مؤلف.....	۱۳
پیشگفتار مترجم.....	۲۱
فصل ۰: مسایل جبر خطی عددی: اهمیت و مشکلات محاسباتی آنها.....	۲۳
۱-۰ مقدمه.....	۲۳
۲-۰ مسائل جبرخطی عددی و اهمیت آنها.....	۲۳
۳-۰ حل مسائل جبرخطی عددی با استفاده از شیوه‌های متداول.....	۲۷
نتیجه گیری.....	۲۹
فصل ۱: مروری بر مفاهیم جبر خطی مورد نیاز.....	۳۱
۱-۱ مقدمه.....	۳۱
۲-۱ بردارها.....	۳۱
۳-۱ ماتریسها.....	۳۳
۴-۱ برخی ماتریسهای خاص.....	۴۶
۵-۱ قضیه کیلی - هامیلتون.....	۵۴
۶-۱ مقادیر تکین.....	۵۴
۷-۱ نرمهای برداری و ماتریسی.....	۵۵
۹-۱ مرور و خلاصه.....	۷۰
تمرینها.....	۷۰
پیشنهاها برای مطالعه بیشتر.....	۷۹
فصل ۲: اعداد ممیز شناور و خطاها در محاسبات.....	۸۱
۲-۱ دستگاه اعداد ممیز شناور.....	۸۱

۸۴	خطاهای گرد کردن	۲-۲
۸۸	قوانین حساب ممیز شناور	۳-۲
۹۳	جمع n عدد ممیز شناور	۴-۲
۹۴	ضرب n عدد ممیز شناور	۵-۲
۹۵	محاسبه حاصلضرب داخلی	۶-۲
۹۸	کرانه‌های خطا برای محاسبات ماتریسی ممیز شناور	۷-۲
۱۰۰	خطاهای گرد کردن ناشی از حذف و محاسبات بازگشتی	۸-۲
۱۰۵	مرور و خلاصه	۹-۲
۱۰۷	تمرینها	
۱۱۱	پیشنها‌ها برای مطالعه بیشتر	
۱۱۳	فصل ۳: پایداری الگوریتمها و وضعیت مسائل	
۱۱۳	۱-۳ برخی الگوریتمهای اساسی	
۱۲۳	۲-۳ تعریفها و مفاهیم پایداری	
۱۲۸	۳-۳ وضعیت مسأله و تحلیل اختلال	
۱۲۹	۴-۳ وضعیت مسأله، پایداری الگوریتم، و دقت جواب	
۱۳۲	۵-۳ چند جمله‌ای ویلکینسون	
۱۳۴	۶-۳ یک دستگاه خطی بد-وضع	
۱۳۵	۷-۳ مثالهایی از مسائل مقادیر ویژه بد-وضع	
۱۳۷	۸-۳ پایداری قوی، ضعیف و معتدل	
۱۴۰	۹-۳ مرور و خلاصه	
۱۴۱	تمرینها	
۱۴۳	پیشنها‌ها برای مطالعه بیشتر	
۱۴۵	فصل ۴: الگوریتمهای عددی کارا و نرم افزارهای ریاضی	
۱۴۵	۱-۴ تعاریف و مثالها	
	۲-۴ شمارش اعمال ممیز شناور (flops) و ملاحظات ذخیره‌سازی برای برخی الگوریتمهای مقدماتی	
۱۴۹		
۱۵۷	۴-۳ چند نرم افزار ریاضی با کیفیت بالا و موجود برای مسائل جبر خطی	

۱۶۴	مرور و خلاصه
۱۶۵	تمرینها
۱۶۷	برنامه‌های MATLAB و MATCOM و مسائل
۱۶۹	پیشنهادهای برای مطالعه بیشتر
۱۷۳	فصل ۵: برخی تبدیلات مفید در جبر خطی و کاربردهای آن
۱۷۳	۱-۵ یک راه کار محاسباتی در جبرخطی عددی
۱۷۴	۲-۵ ماتریسهای مقدماتی و تجزیه LU
۲۰۲	۳-۵ پایداری روش حذفی گاوس
۲۰۵	۴-۵ تبدیلات هاوس هولدر و کاربردها برای تجزیه QR و کاهش هسبرگی
۲۳۲	۵-۵ ماتریسهای گیونز و کاربردها برای تجزیه QR و کاهش هسبرگی
۲۴۹	۶-۵ پایه‌های یکا متعامد و تصویرهای متعامد
۲۵۴	۷-۵ تجزیه QR با محورگیری ستونی
۲۵۹	۸-۵ اصلاح یک تجزیه QR
۲۶۲	۹-۵ خلاصه و جدول مقایسه‌ها
۲۶۵	تمرینها
۲۷۵	برنامه‌های MATLAB و MATCOM و مسائل
۲۷۸	پیشنهادهای برای مطالعه بیشتر
۲۷۹	فصل ۶: جوابهای عددی دستگاههای خطی
۲۷۹	۱-۶ مقدمه
۲۸۱	۲-۶ نتایج اساسی در مورد وجود، منحصر به فرد بودن، و پایایی جوابها
۲۸۳	۳-۶ برخی کاربردهای به وجود آورنده مسائل دستگاههای خطی
۳۰۵	۴-۶ روشهای مستقیم
۳۴۵	۵-۶ معکوسها و دترمینانها
۳۵۳	۶-۶ تحلیل اختلال مسأله دستگاه خطی
۳۶۱	۷-۶ عدد وضعیت و دقت جواب
۳۷۴	۸-۶ اختلالهای مؤلفه‌ای و خطاها
۳۷۶	۹-۶ تصفیه تکراری

۳۸۰	۱۰-۶ روشهای تکراری
۴۱۷	۱۱-۶ مرور و خلاصه
۴۲۳	تمرینها
۴۳۸	برنامه‌های MATLAB و MATCOM و مسائل
۴۴۵	پیشنهادها برای مطالعه بیشتر
۴۴۹	فصل ۷: جوابهای کم‌ترین توانهای دوم برای دستگاههای خطی
۴۴۹	۱-۷ مقدمه
۴۵۱	۲-۷ یک کاربرد ساده و منجر به یک دستگاه فرامعین
۴۵۲	۳-۷ وجود و یکتایی جواب
۴۵۵	۴-۷ تعبیر هندسی مسأله کم‌ترین توانهای دوم
۴۵۵	۵-۷ معادلات نرمال و برازش چندجمله‌ای
۴۶۰	۶-۷ شبه معکوس و مسأله کم‌ترین توانهای دوم
۴۶۱	۷-۷ حساسیت مسأله کم‌ترین توانهای دوم
۴۶۹	۸-۷ روشهای محاسباتی برای مسائل کم‌ترین توانهای دوم فرامعین
۴۹۳	۹-۷ دستگاههای فرومعین
۵۰۰	۱۰-۷ تصفیه تکراری
۵۰۵	۱۱-۷ محاسبه ماتریس وارینانس و کوواریانس $(A^T A)^{-1}$
۵۰۸	۱۲-۷ مرور و خلاصه
۵۱۲	تمرینها
۵۱۸	برنامه‌های MATLAB و مسائل
۵۲۴	پیشنهادها برای مطالعه بیشتر
۵۲۷	فصل ۸: مسائل عددی مقادیر ویژه یک ماتریس
۵۲۷	۱-۸ مقدمه
۵۲۹	۲-۸ برخی نتایج اساسی در مورد مقادیر ویژه و بردارهای ویژه
۵۳۹	۳-۸ مسائل مقدار ویژه مطرح در کاربردهای عملی
۵۶۳	۴-۸ محدودسازی مقادیر ویژه
۵۷۰	۵-۸ محاسبه مقادیر ویژه و بردارهای ویژه انتخابی

۵۹۰	تبدیل‌های تشابهی و محاسبات مقدار ویژه	۶-۸
۵۹۵	حساسیت مقدار ویژه	۷-۸
۶۰۲	حساسیت بردار ویژه	۸-۸
۶۰۳	شکل شور حقیقی و تکرارهای QR	۹-۸
۶۳۱	محاسبه بردارهای ویژه	۱۰-۸
۶۳۵	مسئله مقدار ویژه متقارن	۱۱-۸
۶۵۲	الگوریتم لانزوس برای ماتریسهای متقارن	۱۲-۸
۶۶۰	مرور و خلاصه	۱۳-۸
۶۶۵	تمرینها	
۶۷۶	برنامه‌های MATLAB و مسائل	
۶۸۴	پیشنهادهای برای مطالعه بیشتر	
۶۸۹	فصل ۹: مسئله مقدار ویژه تعمیم یافته	
۶۸۹	مقدمه	۱-۹
۶۹۲	تجزیه شور تعمیم یافته	۲-۹
۶۹۳	الگوریتم QZ	۳-۹
۷۰۴	تکرار معکوس برای بردارهای ویژه مداد (A, B)	۴-۹
۷۰۵	مسئله مقدار ویژه تعمیم یافته معین متقارن	۵-۹
۷۱۳	مسائل مقدار ویژه تعمیم یافته معین متقارن مطرح در ارتعاشهای سازه‌ها	۶-۹
۷۲۳	کاربردها برای جداسازی و کاهش مدل	۷-۹
۷۳۷	مسئله مقدار ویژه درجه دو	۸-۹
۷۴۱	مسائل مقدار ویژه تعمیم یافته متقارن برای ماتریسهای ساخت یافته و بزرگ	۹-۹
۷۴۶	روش لانزوس برای مقادیر ویژه مداد $A - \lambda B$ در یک بازه	۱۰-۹
۷۴۸	مرور و خلاصه مطالب	۱۱-۹
۷۵۱	تمرینها	
۷۵۷	برنامه‌های MATLAB و مسائل	
۷۶۱	پیشنهادهای برای مطالعه بیشتر	

فصل ۱۰: تجزیه مقدار تکین (SVD)	۷۶۵
۱-۱۰ مقدمه	۷۶۵
۲-۱۰ قضیه تجزیه مقدار تکین	۷۶۷
۳-۱۰ یک رابطه بین تجزیه مقدار تکین و تجزیه‌های ویژه	۷۷۱
۴-۱۰ کاربردهای SVD	۷۷۴
۵-۱۰ حساسیت مقادیر تکین	۷۷۷
۶-۱۰ تجزیه مقدار تکین و ساختار یک ماتریس	۷۷۹
۷-۱۰ محاسبه ماتریس واریانس - کوواریانس	۷۹۰
۸-۱۰ تجزیه مقدار تکین، مسأله کمترین توانهای دوم، و شبه معکوس	۷۹۱
۹-۱۰ محاسبه تجزیه مقدار تکین	۸۰۰
۱۰-۱۰ SVD تعمیم یافته	۸۱۷
۱۱-۱۰ مرور و خلاصه	۸۱۸
تمرینها	۸۱۹
برنامه‌های MATLAB و مسائل	۸۲۵
پیشنهادهای برای مطالعه بیشتر	۸۳۰
فصل ۱۱: نمونه کوچکی از تحلیل خطای گرد کردن	۸۳۳
۱-۱۱ قوانین اساسی حساب ممیز شناور	۸۳۳
۲-۱۱ تحلیل خطای پسرو برای طرح حذفی پیشرو و جایگزینی پسرو	۸۳۴
۳-۱۱ آنالیز خطای پسرو برای مثلثی سازی با استفاده از روش حذفی گاوس	۸۳۷
۴-۱۱ تحلیل خطای پسرو برای حل $Ax = b$	۸۴۴
۴-۱۱ مرور و خلاصه	۸۴۶
تمرینها	۸۴۷
پیشنهادهای برای مطالعه بیشتر	۸۴۹
ضمیمه A: مقدمه مختصری برای MATLAB	۸۵۱
A - ۱ برخی اطلاعات اساسی در مورد MATLAB	۸۵۱
A - ۲ نوشتن برنامه‌های خودتان با استفاده از دستورهایی MATLAB	۸۵۷

۸۶۳	ضمیمه B: MATCOM و برنامه‌های انتخاب شده از MATCOM
۸۶۳	B - ۱ MATCOM چیست؟
۸۶۴	B - ۲ استفاده از MATCOM
۸۶۵	B - ۳ فهرست فصل به فصل برنامه‌های MATCOM
۸۶۹	B - ۴ برخی برنامه‌های انتخاب شده MATCOM
۸۷۷	ضمیمه C: یک فهرست از روالهای LAPACK که به طور متداول مورد استفاده‌اند
۸۸۱	جملات کلیدی در جبر خطی عددی
۸۹۱	جملات کلیدی در جبر خطی عددی (انگلیسی به فارسی)
۸۹۵	بخشی از راه حلها و جوابها برای برخی مسائل انتخاب شده
۸۹۵	فصل ۱
۸۹۸	فصل ۲
۸۹۹	فصل ۳
۸۹۹	فصل ۴
۹۰۱	فصل ۵
۹۰۲	فصل ۶
۹۰۵	فصل ۷
۹۰۷	فصل ۸
۹۰۸	فصل ۹
۹۰۹	فصل ۱۰
۹۱۰	فصل ۱۱
۹۱۳	منابع
۹۲۹	جدول نمادها
۹۳۳	فهرست الگوریتمها
۹۳۷	فهرست راهنما

press.um.ac.ir

در مورد نویسنده

بیسوا نات داتا^(۱) پرفسور علوم ریاضی و رئیس فعلی واحد درگیر^(۲) کاربردی برنامه دکترا در علوم ریاضی در دانشگاه ایلینویز شمالی می باشد. او همچنین استاد مدعو در دانشگاه ایلینویز در اربانا - چامپاین^(۳)، دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا، دانشگاه ایلینویز جنوبی در کاربن دیل^(۴)، دانشگاه کالیفرنیا در سان دیاگو، دانشگاه ایالتی کامپیناز^(۵)، برزیل، همچنین دانشگاههای بسیاری در سراسر جهان بوده است. او نویسنده تقریباً شصت و پنج مقاله میان رشته ای مرکب از جبر خطی، جبر خطی عددی و نظریه کنترل است. عضو هیأت تحریریه مجله های اولیه جبر خطی نظیر مجلات SIAM زیر بوده است *Matrix Analysis and applications, Linear algebra and its applications.*

و اخیراً مشاور علمی مجله زیر می باشد.

Journal of Mathematical systems, Estimation, and control.

داتا با عنوانهای نایب رئیس گروه فعال جبر خطی SIAM، عضو کمیته کارشناسی ارشد و نماینده آزاد در انجمن بین المللی جبر خطی خدمت کرده است. او همچنین چندین کنفرانس خیلی موفق میان رشته ای AMS و SIAM در جبر خطی، جبر خطی عددی، و کنترل، دستگاهها، و پردازش علامت را برگزار نموده است.

1. Biswa Nath Datta

3. Urbana-Champaign

5. Campinas

2. Application Involvement Component (AIC)

4. Carbondale

press.um.ac.ir

پیشگفتار مؤلف

جبر خطی عددی دیگر یک زیر مجموعه از آنالیز عددی نمی باشد و به صورت یک موضوع مستقل برای تحقیق و تدریس رشد کرده است. چون جبر خطی عددی برای محاسبات علمی لازم است (یک مؤلفه مهم از تحقیقات مهندسی و کاربردی می باشد) این موضوع برای رشته های ریاضی، علوم کامپیوتر و مهندسی به صورت کلاسهای کامل برگزار می گردد.

جبر خطی عددی و کاربردها می تواند هم در دوره های کارشناسی و هم در ابتدای کارشناسی ارشد و همچنین در کارهای دانشمندان و مهندسين برای مطالعات فردی و مرجع استفاده شود. من و سایر همکاران سر فصلها را به طور آزمایشی دسته بندی کرده ایم. مواد بیشتر از آنچه که یک ترم را بتواند بپوشاند ارائه شده اند، بنابراین مدرسان می توانند مواد را مطابق با کلاسهای خاص خود تنظیم کنند و به راحتی سرفصل دوره را تدوین نمایند.

هدف اصلی من ترویج تعلیم جبر خطی عددی در دوره کارشناسی است. من مایلم که دانشجویان جدید که از این کتاب استفاده می کنند یک درک عمیق از مفاهیم خطاهای گرد کردن، پایداری، وضعیت و دقت داشته باشند، آنها همچنین باید قدر الگوریتمهای اصلی، سودمندی و پیاده سازی آنها را بدانند، برای این مقصود من ترکیبهای خاص زیر را جهت بهره برداری آماده نموده ام.

ترکیبهای خاص

کاربردها. هرگاه ممکن باشد مسائل محاسباتی با مثالهای زندگی واقعی که از موضوعهای بشماري نظیر انتقال حرارت، دینامیک سیالات، پردازش سیگنال، مهندسی زیست پزشکی، آمار، بازرگانی، علوم

زیستی و نظریه کنترل، مهندسی ارتعاش، سرچشمه می‌گیرند، همراه خواهند شد. کاربردها همچنین کتاب را برای دوره‌هایی در جبرخطی کاربردی مناسب می‌سازند.

تحقیقات جدید. دانشجویان سالهای بالا بویژه از بحثهای به روز شده در مورد مفاهیم زیر بهره‌مند خواهند شد: پایداری، قوی، ضعیف و معتدل، مثالهای نقض از یک حدس ثابت قدیمی بر روی عامل رشد، تحلیل اختلال مؤلفه به مؤلفه مسائل دستگاه خطی، روشهای زیر فضای کريلف برای دستگاههای خطی و مسائل مقادیر ویژه، معادل بودن فرایند هاوس هولدر و گرام اشمیت برای مسائل کمترین توانهای دوم، استفاده از فرایند گرام اشمیت اصلاح شده برای حل دستگاههای فرو معین به طریق پایدار عددی، الگوریتم تقسیم و تسخیر برای مسائل مقدار ویژه متقارن و الگوریتم انتقال صفر برای مسأله SVD.

توضیحاتی روشن از مفاهیم اساسی. در کتاب ما خیلی زود وارد مفاهیم وضعیت مسائل و پایداری یک الگوریتم از طریق تحلیل پسرو خطای گرد کردن می‌شویم. مثالهای ساده ترغیب برانگیز همچنین ارائه می‌شوند. تاثیر این مفاهیم بر روی نتایج خاص به طور واضح نشان داده خواهند شد.

مسائل جبر خطی اساسی. در فصل صفر مسائل جبر خطی محاسباتی اساسی همراه با ذکر خلاصه‌ای از اهمیت هر یک بیان می‌شوند. سپس مشکلات حل این مسائل در پیاده‌سازی محاسباتی با استفاده از راههای روشن توضیح داده می‌شوند. این فصل به عنوان یک فصل ترغیب‌برانگیز برای کل کتاب به کار می‌رود.

بحث جامع ابزار اساسی. در سراسر کتاب ما نشان می‌دهیم که چگونه الگوریتمها می‌توانند با استفاده از ساختارهای ماتریسهای ابتدایی، هاوس هولدر و گیزنر کم هزینه و کارا گردند. فصل ۵ به آنها اختصاص داده شده است. ایجاد صفر در مکانهای خاص یک بردار یا ماتریس ساده است اما خاصیت خیلی قوی از این ماتریسها است. به طور واضح و روشن توضیح داده می‌شود که چگونه می‌توان از آنها برای تدوین الگوریتمها، برای تجزیه‌های ماتریسی مفید نظیر LU و QR و برای کاهش یک ماتریس به شکل ساده‌تر نظیر هسنبِرگی استفاده کرد.

توضیح گام به گام الگوریتمها. قبل از این که یک الگوریتم معرفی شود، ما در مورد ایده پایه‌ای آن و اصول زیربنایی آن بحث خواهیم کرد. ابتدا چند گام اول را به صورت مقدماتی و با جزئیات توصیف می‌کنیم و سپس نشان می‌دهیم که چگونه گام k ام الگوی تثبیت شده را دنبال می‌کند. سپس دانشجویان قادر خواهند بود که برخی الگوریتمهای معروف را حتی قبل از یادگیری در کلاس دوباره تولید کنند.

نرم‌افزار و الگوریتمهای مؤثر عددی. در فصل ۴ توصیف می‌کنیم که چه عواملی الگوریتمها و نرم‌افزار وابسته را به طور عددی مؤثر می‌سازند: کارایی، پایداری عددی، صرفه‌جویی در ذخیره‌سازی