

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



انتشارات، شماره ۵۲۷

جبر خطی عددی و کاربردها

(جلد دوم)

تألیف:

یسوا نات داتا

ترجمه:

دکتر فائزه توتونیان

سرشناسه:	داتا، بیسوا نات	Datta, Biswa Nath
عنوان و نام پدیدآور:	جبر خطی عددی و کاربردها / تألیف بیسوا نات داتا؛ ترجمه فائزه توتونیان.	
مشخصات نشر:	مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۷.	
مشخصات ظاهری:	ج ۲.	
فروست:	(دانشگاه فردوسی مشهد؛ شماره ۵۲۷).	
شابک:	ج ۱ (۸۸۰۰۰ ریال) (ISBN: 978-964-386-194-0).	
شابک:	ج ۲ (۶۳۰۰۰ ریال) (ISBN: 978-964-386-195-7).	
وضعیت فهرست نویسی:	فیا.	
یادداشت:	عنوان اصلی: Numerical linear algebra and applications, C 1995.	
موضوع:	جبر خطی.	
موضوع:	آنالیز عددی.	
شناسه افزوده:	توتونیان، فائزه، ۱۳۲۶ - ، مترجم.	
رده بندی کنگره:	۱۳۸۷ ج ۲ / ۵۲ / QA ۱۸۴	
رده بندی دیویی:	۵۱۲/۵	
شماره کتابخانه ملی:	۱۵۸۴۱۵۶	



انتشارات، شماره ۵۲۷

جبر خطی عددی و کاربردها

(جلد دوم)

تألیف

بیسوا نات داتا

ترجمه

دکتر فائزه توتونیان

ویراستار علمی

دکتر اصغر کرایه چیان

وزیری، ۴۵۴ صفحه، ۱۰۰۰ نسخه، چاپ اول، بهار ۱۳۸۸

امور فنی و چاپ: مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

بهها: ۶۳۰۰۰ ریال

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
نتیجه‌گیری.....	۲۹
فصل ۱: مروری بر مفاهیم جبر خطی مورد نیاز.....	۳۱
۱-۱ مقدمه.....	۳۱
۲-۱ بردارها.....	۳۱
۳-۱ ماتریسها.....	۲۳
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
پیشنهادهای 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	پیشنهادهای 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 چندجمله‌ای 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	پیشنهادهای 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 ذخیره سازی برای برخی	
۱۴۹	الگوریتمهای مقدماتی	
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	پیشنهادها برای مطالعه بیشتر
۱۷۳	فصل ۵: برخی تبدیلات مفید در جبر خطی و کاربردهای آن
۱۷۳	۱-۵ یک راه کار محاسباتی در جبر خطی 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	پیشنهادها 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	پیشنهادهای 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	پیشنهادهای 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 وارپانس - 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

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

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 Componet (AIC)
4. Carbondale

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 کرلیف 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 پسر و 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 گیونز 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 ساده تر نظیر هسبرگی 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.

نرم افزار و الگوریتمهای مؤثر عددی. در فصل ۴ توصیف می‌کنیم که چه عواملی الگوریتمها و نرم افزار وابسته را به طور عددی مؤثر می‌سازند: کارایی، پایداری عددی، صرفه جویی در ذخیره سازی

و غیره. اغلب دانشجویان اشتباه می‌کنند و یک الگوریتم را که فقط کار است به عنوان الگوریتم خوب در نظر می‌گیرند، و درک نمی‌کنند که ممکن است خیلی ناپایدار باشد (برای مثال روش حذفی گاوس بدون محورگیری). در اینجا و سایر فصلها آنها یاد می‌گیرند که نه فقط چگونه بین الگوریتمها تمایز قائل شوند بلکه همچنین یک الگوریتم بد را به خوب در صورت امکان تبدیل کنند.

MATLAB و MATCOM. ما باور داریم که مدرسین جبرخطی عددی در صورتی که بتوانند باید از MATLAB استفاده کنند. این نرم‌افزار در همه زمینه‌های محاسبات علمی و مهندسی به طور روز افزون عمومی‌تر می‌شود. ما برنامه‌هایی از MATLAB را برای برخی از الگوریتمهای پایه‌ای فراهم کرده‌ایم تا دانشجویان بتوانند از آنها به عنوان الگو برای نوشتن برنامه‌ها برای الگوریتمهای پیشرفته‌تر استفاده کنند. بسته ابزار MATLAB و MATCOM، دانشجویان را قادر می‌سازد که الگوریتمهای مختلف را برای یک مسأله مطالعه کنند و کارایی، پایداری و دقت را مقایسه نمایند (صفحه اطلاعات را در انتهای کتاب ملاحظه کنید).

حل و جواب مسائل انتخاب شده. بویژه برای استفاده در دوره کارشناسی، برخی از راه حلها و جوابها را برای مسائل مهم، با تاکید بر آنهایی که نیاز به اثبات دارند، ارائه داده‌ایم. فهرست اصطلاحهای کلیدی. اصطلاحهای متداول در جبرخطی برای ارجاع سریع فهرست شده‌اند.

قدردانی

این کتاب به شکل کنونی‌اش بدون کمک، راهنمایی، پیشنهادها، و تشویقهای بسیاری از دوستان و همکارانم در سراسر دنیا، وجود نمی‌داشت.

عمیق‌ترین سپاسهای خود را به یاری‌رسانان تقدیم می‌دارم. پرفسورها جیمز آر. بانچ^(۱) از دانشگاه کالیفرنیا، سن دیاگو؛ ام. بن بورنین^(۲)، وای پی. هونگ^(۳)، ای. گوپتا^(۴)، پرادپ مژومدار^(۵) از دانشگاه ایلینویز شمالی، میکائیل بری^(۶) از دانشگاه تنسی، زون گانگ زنگ^(۷) از دانشگاه ایلینویز شمال شرقی، و دکتر دانیل پیرس^(۸) از سرویسهای محاسبه بویینگ. پرفسورها بانچ و زنگ و دکتر پیرس نسخه‌های مختلف دستی را بارها خوانده‌اند و انتقادهای سازنده و پیشنهادهای مفیدی برای بهبود کتاب ارائه داده و گاه‌گاهی در نگارش اثر یاری نموده‌اند. بعلاوه پرفسور بانچ یک دوره جبر خطی عددی را در دانشگاه کالیفرنیا در سن دیاگو از روی نسخه نیمه‌نهایی کتاب تدریس کرده است و بازتاب ارزشمند آن منجر

1. James. R. Bunch
3. Y. P. Hong
5. Pradip Majumdar
7. Zhonggang Zeng

2. M. Benbourenane
4. A. Gupta
6. Michael Berry
8. Daniel Pierce

به اصلاح و بهبود گردیده است. من عمیقاً سپاسگزار بانچ برای این یاری‌ها هستم. پرفسور هونگ نیز با حوصله بسیار، بخش قابل ملاحظه‌ای از قضایای جبر خطی نظری کتاب را بررسی نموده است و همکاران من پرفسورها بن بورنین، گوپتا و مؤمدار نه فقط در نوشتن بخشهای مربوط به کاربردهای مهندسی کمک نمودند بلکه نسخه‌های مختلف را غلط‌گیری کرده‌اند.

افراد ذیل برخی از فصلها را با دقت و کامل خوانده، اشتباهها را تذکر داده و توصیه‌ها و پیشنهادهایی برای بهبود ارائه نموده‌اند، من از یکایک آنها قدردانی می‌کنم. پرفسورها مارک آرنولد^(۱) از دانشگاه آرکانزاس، زد. بای^(۲) از دانشگاه کنتوکی، میکائیل بری از دانشگاه تنسی، اک بیورک^(۳) از دانشگاه لینک آپینگ سوئد، کی. بی. داتا^(۴) از انستیتوی تکنولوژی هند، خاکپور، هند؛ کارابی داتا^(۵) از دانشگاه ایلینویز شمالی، بارت دی مور^(۶) از دانشکده کاتولیک، لوون، بلژیک؛ دانیل اینمن^(۷) از پلی تکنیک ویرجینیا و دانشکده ایالتی؛ مورو لئون چینی^(۸) از دانشگاه پیزا، ایتالیا؛ برس فورد پارلت^(۹) از دانشگاه کالیفرنیا، برکلی، ایتشک رام^(۱۰) از دانشگاه آدلد، استرالیا، آکسل روه^(۱۱) از دانشگاه تکنولوژی شارلمرس، سوئد، یوسف سد^(۱۲) از دانشگاه مینسوتا؛ ژیلبرت استرانگ^(۱۳) از انستیتوی تکنولوژی ماساچوست؛ و پل ون دورن^(۱۴) از مرکز مهندسی دستگاهها و مکانیک کاربردی بلژیک. پرفسور فزال سعید^(۱۵) از دانشگاه ایلینویز، در سخنرانش در مورد آموزش جبرخطی در مجمع کاربردی SIAM 1994 در اسنوبرد، اوتا، تفسیرهایی در مورد این کتاب نمود که قویاً برای من محرک و شوق‌آفرین بود.

بعلاوه از پرفسور بانچ و زنگ و دکتر پیرس به خاطر انتقادهای سازنده و راهنماییهای بسیار مفیدشان تشکر و قدردانی می‌نمایم؛ همچنین از پرفسورها دانیل بولی^(۱۶) از دانشگاه مینسوتا؛ آلن ادلمن^(۱۷) از انستیتو تکنولوژی ماساچوست، فلویید هانسون^(۱۸) از دانشگاه ایلینویز شیکاگو؛ راج نیکانت پاتل^(۱۹) از دانشگاه کون کوردا، مونترال؛ و سیمون تاوئر^(۲۰) از دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا تشکر می‌کنم.

1. Mark Arnold
3. Ake Bjorck
5. Karabi Datta
7. Daniel Inman
9. Beresford Parlett
11. Axel Ruhe
13. Gilbert Strang
15. Faisal Saied
17. Alan Edelman
19. Rajnikant Patel

2. Z. Bai
4. K. B. Datta
6. Bart De Moor
8. Mauro Leoncini
10. Yitshak Ram
12. Youcef saad
14. Paul Van Dooren
16. Daniel Boley
18. Floyd Hanson
20. Simon Tavenor

دانشجویان کنونی و سابق من، مارک آنولد^(۱)، سامر چودهاری^(۲)، کنراد فرناندز^(۳)، ویائو. هی^(۴)، سی. هتی^(۵)، ایشیتا ماجومدار^(۶)، و آویجیت پورکایاستا^(۷) که همگی به نوعی از غلط‌گیری گرفته تا حل مسأله و تایپ نقشی در این پروژه داشته‌اند؛ بویژه از کنراد فرناندز و ویائو. هی تشکر می‌نمایم. کنراد M-فایلها را برای نرم‌افزار MATCOM بر اساس MATLAB نوشته است، و یا او هر فصل را با دقت غلط‌گیری کرده و برخی اشکالات در الگوریتمها را تصحیح نموده است و در تهیه قسمتی از جوابهای مسائل انتخاب شده نیز کمک نموده است.

از دانشجویان دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد دانشگاه ایلینویز شمالی و دانشگاه کالیفرنیا در سن دیاگو که نسخه‌های چاپ نشده کتاب را در اولین دوره‌شان در جبر خطی عددی استفاده کرده‌اند، بسیار تشکر می‌نمایم. انتقادهای سازنده آنها به من در تجدید نظر در برخی مواد کمک کرده است. از همکاران خودم پرفسورها ویلیام بل ایر^(۸)، جان بیچی^(۹)، لیندا سانس^(۱۰)، و جیندریچ نکاس^(۱۱) که خودشان نیز نویسنده‌های کتابهای درسی هستند، و گاه و بی‌گاه به پرسشهای من با شکیب بسیار پاسخ گفته و تجربیات خود را در اختیارم قرار داده‌اند و مرا از نظر روحی حمایت و تشویق نموده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از کارکنان فعلی و سابق گروه علوم ریاضی در دانشگاه ایلینویز شمالی به خاطر کمکهای زیادشان در خصوص تایپ نسخه‌های مختلف کتاب و مساعدتهای به موقع‌شان برای نسخه‌های دیگر دست نویس تشکر می‌کنم. بویژه از لیزا آلیسون^(۱۲)، الیزابت بورک^(۱۳)، سارا کلایتون^(۱۴) و ماری - آن هارتیگ^(۱۵)، جنیفر جاکبسون^(۱۶)، پولا پروپست^(۱۷)، و میکائیل اسمیت^(۱۸) تشکر می‌نمایم. سارا کلایتون و ماری - آن هارتیگ بیشتر تایپ را انجام داده‌اند. مهارت و ابتکار ماری - آن را در LATEX می‌توان در همه جای کتاب مشاهده کرد؛ او معمار دست نویس بوده است. از آقای اریک بهر^(۱۹)، مدیر دستگاههای کامپیوتری به خاطر کمکهای فراوانش تشکر می‌نمایم.

1. Mark Arnold
3. Conrad Fernandes
5. C. Hetti
7. Avijit Purkayastha
9. John Beachy
11. Jindrich Necas
13. Elizabeth Burk
15. Mari-Anne Hartig
17. Paula Propst
19. Eric. Behr

2. Samar Choudhary
4. Weiyao He,
6. Ishita Majumdar
8. William Blair
10. Linda Sons
12. Lisa Allison
14. Sara Clayton
16. Jennifer Jacobson
18. Michael Smith

این کتاب بدون حمایت معنوی و درک و تشویق اعضای خانواده‌ام هرگز کامل نمی‌شد، کارابی^(۱)، همسر، که او هم یک ریاضیدان است؛ راجارشی^(۲)، پسر، که اکنون یک همکار جوان در دانشگاه ایلینویز در اوربانا - چامپاین^(۳) است؛ راخی^(۴)، دخترم که دانش‌آموز دبیرستانی در دکالب^(۵) است، پسر خواهرم سودیپ^(۶)، که اکنون در دانشگاه تکزاس در استون دانشجو است، پدر و مادر همسر آقای آر. ال. سارکار^(۷) و خانم بلارانی سارکار^(۸) که در هند زندگی می‌کنند اما هر هفته در مورد پیشرفت من پرس و جو می‌کردند و مرا تلفنی تشویق می‌نمودند. واضح است که من وظایف خود را به‌عنوان یک پدر و یک همسر کامل انجام نداده‌ام؛ بعلاوه همسر و فرزندانم با کورتابه‌های گاه به گاه من در طی سالهای گذشته مدارا نموده‌اند، من خوشحالم که چنین خانواده مهربانی دارم.

همچنین از کارمندان شرکت انتشارات Brooks/Cole تشکر می‌نمایم. گاری اوستد^(۹) ویراستار اکتسابی، کارول بندیکت^(۱۰) دستیار ویراستار؛ نانسی شامس^(۱۱) ویراستار تولید؛ جان کیمل^(۱۲) (اکنون در Chapman & Hall) که ابتدا کتاب را حروف چینی کرد. بعلاوه از لیندا تامسون^(۱۳) و باربارا کیمل^(۱۴)، ویراستارهای دوم، و آدرین کارتر^(۱۵)، هماهنگ کننده تبلیغاتی، به خاطر علاقمندی‌شان و مساعدتهای همیشگی‌شان تشکر و قدردانی می‌نمایم. کار کردن با آنها یک سرگرمی بود.

سرانجام این که مدیون نویسنده‌های چند کتاب ارزشمند در زمینه جبر خطی عددی هستم. بویژه پرفسورها. آک بیورک^(۱۶)، ژرژ فورسیت^(۱۷)، ژن. اچ. گولوب^(۱۸)، آر. جی. هانسون^(۱۹)، سی. ال. لاوسون^(۲۰)، ام. ای. مال کولم^(۲۱)، کلو مولر^(۲۲)، جیمز ارتوگا^(۲۳)، برس فوردر پارلت^(۲۴)، جی. دبلیو استوارت^(۲۵)، چارلز ون لون^(۲۶)، ریچارد وارگ^(۲۷).

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 1. Karabi | 2. Rajarshi |
| 3. Urbana-Champaign | 4. Rakhi |
| 5. Dekalb | 6. Sudeep |
| 7. R. L. Sarkar | 8. Belarani Sarkar |
| 9. Gary Ostedi | 10. Carol Benedict |
| 11. Nancy Shammass | 12. John Kimmel |
| 13. Linda Thompson | 14. Barbara Kimmel |
| 15. Adrienne Carter | 16. Ake Bjorck |
| 17. George Forsyth | 18. Gene. H. Golub |
| 19. R. J. Hanson | 20. C. L. Lawson |
| 21. M. A. Malcolm | 22. Cleve Moler |
| 23. James Ortega | 24. Beresford Parlett |
| 25. G. W. Stewart | 26. Charles Van Loan |
| 27. Richard Varga | |

جیمز.اچ. ویلکینسون^(۱) و داوید یانگ^(۲). تأثیر آنها در تمام قسمت‌های کتاب به وضوح مشاهده می‌شود. اگر MATLAB وجود نمی‌داشت؛ من هرگز به فکر شروع پروژه نمی‌افتم. بویژه از دکتر کلو مولر بسیار سپاسگزارم.

من ممنون هر خواننده‌ای خواهم بود که برای من توصیه‌ها و پیشنهادها را بفرستد. خطاهای موجود در کتاب را خاطر نشان کند. من می‌توانم این نظرات را توسط پست الکترونیکی dattab@math.niu.edu دریافت نمایم. همچنین هر تصحیح یا پیشنهادی در مورد بسته نرم‌افزاری آموزشی MATCOM می‌تواند برایم فرستاده شود.

برخی پیشنهادها برای استفاده کتاب

۱. اولین دوره در جبر خطی عددی (کارشناسی/یک ترم): فصل صفر تا ۴، ۵-۱ تا ۵-۴، ۵-۶، ۶-۲، ۶-۳ (برخی کاربردهای انتخابی) ۶-۴، ۶-۵-۱، ۶-۵-۳، ۶-۵-۴، ۶-۶-۱، ۶-۷-۶، ۶-۹-۶، ۶-۱۰-۱، ۶-۱۰-۴، ۶-۷-۲ تا ۶-۷-۶، ۶-۷-۱، ۶-۷-۲، ۶-۸-۲، ۶-۸-۳، ۶-۸-۴، ۶-۸-۳، ۶-۸-۴ (برای یک دوره سه ماهه برخی تعدیلهای باید انجام پذیرد، مثلاً ممکن است مدرس مایل به حذف بخشهای ۶-۱۰-۱ تا ۶-۱۰-۴ باشد.

۲. دومین دوره در جبر خطی عددی (آغاز دوره کارشناسی ارشد): ۵-۵ تا ۵-۸، ۶-۶، ۶-۸، ۶-۱۰-۵، ۶-۱۰-۶، ۶-۱۰-۷، ۶-۷-۳، ۶-۷-۴، ۶-۷-۹، ۶-۷-۱۰، ۶-۷-۱۱، ۶-۸-۷ تا ۶-۸-۹، ۶-۸-۱۱، ۶-۸-۱۲، ۶-۹-۲ تا ۶-۹-۵، فصل ۱۰ و فصل ۱۱، همراه با مروری از مواد اولین دوره در صورت لزوم.

۳. یک دوره در جبر خطی کاربردی؛ یک کارشناسی پیشرفته / شروع دوره کارشناسی ارشد در جبر خطی کاربردی می‌تواند با تمرکز بر روی قسمت‌های کاربردی کتاب (۶-۳، ۶-۷، ۶-۸، ۶-۹، ۶-۹-۷، ۶-۱۰-۴) و ارائه نظریه مناسب در صورت لزوم طرح ریزی شود.

۴. یک دوره ترمی در جبر خطی عددی برای مهندسين: فصلهای ۰ تا ۴، ۵-۱ تا ۵-۴، ۶-۲ تا ۶-۵، ۶-۶-۳، ۶-۷-۱ تا ۶-۷-۲، ۶-۷-۹، ۶-۷-۱۰، ۶-۷-۱۱ تا ۶-۷-۱۲، ۶-۸-۲ تا ۶-۸-۴، ۶-۸-۵، ۶-۸-۶، ۶-۸-۷ تا ۶-۸-۹، ۶-۹-۲ تا ۶-۹-۵، ۶-۹-۷، ۶-۹-۹، ۶-۱۰-۲ تا ۶-۱۰-۵، ۶-۱۰-۸، ۶-۱۰-۹ تا ۶-۱۰-۱۲.

پیشگفتار مترجم

در دو دهه اخیر کارهای محاسباتی از همان اهمیت کارهای نظری و تجربی در بسیاری از شاخه‌های علوم و مهندسی برخوردار گشته‌اند. جبر خطی عددی اغلب در دل بسیاری از علوم محاسباتی و مسائل مهندسی نظیر انتقال حرارت، دینامیک سیالات، پردازش سیگنال، مهندسی زیست‌شناسی، آمار، نظریه کنترل، و غیره قرار دارد. چون نتایج یک چنین کارهای محاسباتی شدیداً بستگی به الگوریتمهای پیشرفته برای حل مسائل جبر خطی عددی گوناگون دارد، از این رو نیاز به کتابهای جبر خطی عددی کاملاً محسوس بوده و وجود آنها برای دانشجویان دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد ریاضی، علوم کامپیوتر، مهندسی و دانشمندان سایر علوم و مهندسان امری اجتناب‌ناپذیر است. هدف اصلی من از ترجمه کتاب جبر خطی عددی و کاربردها این بوده است که دانشجویان با مطالعه آن یک درک عمیق از مفاهیم جبر خطی عددی نظیر خطاهای گرد کردن، پایداری، کارایی، وضعیت یک ماتریس داشته باشند و با مسائل جبر خطی و مشکلات حل آنها در پیاده‌سازی با استفاده از راههای روشن و واضح آشنا شوند و یاد بگیرند که چگونه با استفاده از الگوریتمهای کارا و مؤثر عددی به حل مسائل جبر خطی عددی بپردازند.

در این کتاب هر مسأله محاسباتی جبر خطی عددی با مثالهایی که از علوم دیگر سرچشمه می‌گیرد، مطرح می‌شود. سپس الگوریتمهای گوناگون برای حل آن ارائه می‌گردد. برای معرفی هر الگوریتم ابتدا در مورد ایده پایه‌ای آن و اصول زیربنایی آن بحث می‌شود و سپس الگوریتم به طور دقیق توضیح داده می‌شود و در پایان در مورد عواملی نظیر کارایی، پایداری عددی، صرفه‌جویی در ذخیره‌سازی که

الگوریتم را مؤثر عددی می‌سازند، بحث خواهد شد. مثالها عددی ارائه شده نیز موجب می‌شود که هیچ گونه ابهامی برای خواننده باقی نماند و بتواند به طور صحیح از الگوریتمها استفاده نماید. تمرینهای متنوع هر بخش موجب گسترش فهم جبر خطی عددی دانشجویان می‌شوند و تبحر آنها را در این زمینه افزایش می‌دهند. در این کتاب برنامه‌هایی از MATLAB برای برخی از الگوریتمهای پایه‌ای فراهم شده است تا دانشجویان بتوانند از آنها به عنوان الگو برای نوشتن کدها برای الگوریتمهای پیشرفته‌تر استفاده نمایند. بدین نحو دانشجویان با استفاده از MATLAB و MATCOM قادر خواهند بود که الگوریتمهای مختلف را برای یک مسأله مطالعه کنند و کارایی و پایداری و دقت آنها را مقایسه نمایند. این کتاب اصولاً اساس و بنیاد الگوریتمهای جبر خطی عددی و مزایا و معایب آنها را ارائه می‌دهد و برای دانشجویان دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد ریاضی و علوم کامپیوتر و مهندسی پیش‌بینی شده است. ضمناً این کتاب می‌تواند به عنوان یک مرجع مورد استفاده همه افراد جامعه علمی و صنعتی قرار گیرد. امیدوارم ترجمه این کتاب مورد استفاده همه رشته‌های کاربردی و افراد جامعه علمی و صنعتی کشورمان قرار گیرد و در رسیدن آنها به نتایج علمی رضایت‌بخش مفید واقع گردد.

در اینجا لازم است به اطلاع خوانندگان گرامی رسانیده شود که چون ترجمه این کتاب بسیار حجیم بوده است، لذا به صورت دو جلد (اول و دوم) ارائه گردیده است. در جلد اول ترجمه این کتاب خوانندگان گرامی هشت فصل اول را ملاحظه می‌نمایند و در جلد دوم ترجمه این کتاب چهار فصل آخر را ملاحظه خواهند نمود. ضمناً فهرست همه فصلها، ضامم، مراجع و فهرست راهنما که برای همه فصلها مورد نیاز هستند، در هر دو جلد ارائه گردیده‌اند.

در اینجا بر خود لازم می‌دانم که صمیمانه‌ترین تشکرها را به آقای خود را به آقای دکتر کرایه‌چیان و آقای دکتر قدیریان که ویراستاری علمی و ادبی کتاب را انجام داده‌اند، تقدیم دارم و از زحمات بی‌شائبه خانم صدیقی و آقای افشاران که در تایپ و صفحه‌آرایی این کتاب کوشیده‌اند صمیمانه تشکر نمایم. همچنین از مسئولین محترم معاونت پژوهشی و انتشارات دانشگاه فردوسی که نهایت همکاری را در جهت انتشار این کتاب نموده‌اند، سپاسگزاری می‌نمایم.

در خاتمه تذکرات خوانندگان گرامی و علاقه‌مند در مورد لغزشهای کتاب موجب امتنان خواهد بود، و از دریافت نظرات و پیشنهادات سازنده صاحب‌نظران سپاسگزار خواهم شد.

فائزه توتونیان

استاد گروه ریاضی دانشگاه فردوسی مشهد

اسفند ۱۳۸۷