

جبر خطی پیشرفته

نوشته

استیون رومان

ترجمه

شاهرود اعظمی

سید حامد فاطمی

مشخصات نشر	تهران: ارشد سپاهان، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	XVI، ۷۰۰ ص: جدول.
شابک	978-964-7879-33-0
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: Advanced linear algebra, 3rd ed, 2007.
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: جبر خطی
شناسه افزوده	: اعظمی، شاهرود، مترجم
شناسه افزوده	: فاطمی، سیدحامد، مترجم
رده بندی کنگره	: QA۱۸۴/۲/۹ج۲ ۱۳۹۲
رده بندی دیویی	: ۵۱۲/۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۳۳۶۹۴۵



کلیه حقوق برای انتشارات ارشد سپاهان محفوظ است و هر گونه نسخه برداری، تهیه راهنما، تهیه پاسخ نامه، ترجمه متن، تهیه واژه نامه و هر گونه استفاده، دیگر از این کتاب ممنوع بوده و متخلف تحت پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

نام کتاب	: جبر خطی پیشرفته
مولف	: رومن، استیون
مترجمین	: شاهرود اعظمی، سید حامد فاطمی
ناشر	: ارشد سپاهان
لیتوگرافی	: مینیاتور
چاپ و صحافی	: ارشد سپاهان
شمارگان	: ۱۰۰ جلد
نوبت چاپ	: اول ۱۳۹۲
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۷۸۷۹-۳۳-۰۰
بهاء	: ۲۷۰۰۰۰ ریال

مرکز پخش: تهران، خیابان انقلاب، خیابان اردیبهشت (منیری جاوید)، پلاک ۷۰، طبقه همکف انتشارات سپاهان
تلفن: ۶۶۴۰۹۷۲۹-۳۰

کتاب حاضر ترجمه ای از ویرایش سوم کتاب Advanced linear algebra نوشته Steven Roman می باشد. این کتاب شامل سرفصل های جبر خطی دوره کارشناسی و همچنین مطالب متنوعی از جبر خطی است که در دروس مختلف دوره کارشناسی ارشد به عنوان پیش نیاز مطرح می شوند. همچنین در این کتاب مطالبی مفیدی در مورد مدول ها که توسیع مفهوم فضای برداری می باشند مطرح شده است و می تواند مقدمه ای بر جبر پیشرفته در دوره کارشناسی ارشد رشته ریاضی محض باشد.

توجه به اینکه بسیاری از مطالب جدید بوده و برای اولین بار مطرح شده اند و برای آنها معادل فارسی نداریم، به ناچار برخی از واژه ها یا به همان صورت لاتین آورده شده اند و یا اصطلاح با معادلی نو برای آنها ارائه شده است. بدیهی است که این ترجمه همانند دیگر آثار ترجمه شد حالی از اشکال و اشتباهات چایی نخواهد بود، لذا از خوانندگان محترم و همچنین اساتید و محققان گرامی تقاضا می شود با اطلاع رسانی و تماس با گروه مترجمین، ایشان را در ویرایش و رفع نواقص آن در چاپ های بعدی یاری نمایند.

امید است که با ترجمه این کتاب کمک به پیشرفت ریاضی کشور کرده باشیم. در پایان بر خود لازم می دانیم از تمام کسانی که در آماده سازی و تهیه این کتاب یار و همراه ما بوده اند صمیمانه تشکر و قدردانی داشته باشیم.

شاهروید اعظمی: Shahroodv8@yahoo.com
سید حامد اعظمی: fatemi.shamed@gmail.com

در ابتدا از خوانندگان ویرایش دوم به خاطر نقطه نظرات و پیشنهاد‌های بسیار مفیدشان و همچنین به طور ویژه از جو کید و نام ترانگ تشکر می‌کنم. برای ویرایش سوم تمام اشتباهات شناخته شده را رفع کردم. بعضی از مباحث (از قبیل انعکاس پذیری، فرم گویای کانونی، بهترین تقریب و تعریف حاصلضرب تانسور ها) را تصفیه و جلا داده‌ام. و بعضی از اثبات ها را که فقط برای حالت متناهی بعد/رتبه استفاده می شدند را ارتقاء دادم.

در این ویرایش چند قضیه جدید نیز اضافه شده اند که عبارتند از قضیه نگاشت های طیفی و همچنین قضیه ای که ثابت می کند $\dim(V) \leq \dim(V^*)$ و تساوی فقط و فقط وقتی برقرار است که V از بعد متناهی باشد.

همچنین یک فصل ابتدایی درباره رابطه با جبر های شرکت پذیر اضافه کرده ام که شامل قضیه های فروبینوس و ودربرن می باشد و به ترتیب جبر های متناهی بعد روی میدان اعداد حقیقی و میدانهای متناهی را مشخص می سازد. قسمت منابع نیز به طور قابل ملاحظه ای توسعه یافته است به طوری که به بیش از صد کتاب در زمینه جبر خطی ارجاع دارد.

Steven Roman Irvine , California, May 2007

در ابتدا از خوانندگان ویرایش اول به خاطر نقطه نظرات و پیشنهادهای بسیار مفیدشان تشکر می‌کنم. ویرایش دوم نسبت به ویرایش اول تغییر اساسی دارد. به طوری که می‌توان گفت این کتاب به استثناء طیف وسیعی از موضوعات تحت پوشش، یک کتاب جدید است.

متن کتاب به طور کامل بازنویسی شد. امیدوارم بیش از ۱۲ سال تجربه و ۲۰ عنوان کتاب توانسته باشد کیفیت بیان مرا ارتقاء دهد. همچنین مجموعه تمرین‌ها به طور کامل بازنویسی شده‌اند.

ویرایش دوم شامل دو فصل جدید است: یک فصل درباره تحذب جداسازی و حل یک دستگاه خری مبتنی بر بحث می‌کند، (این فصل توسط مترجمین حذف شده است.) و یک فصل در رابطه با تحریر *OR* مقادیر تکین و شبه وارون‌ها می‌باشد. روش مطالعه ضرب‌های تانسوری و حساب سابلینیا به طور کامل توسعه یافته است. و همچنین مباحثی از دترمینان‌ها، (در فصل خاص ضرب‌های تانسوری) مختلط سازی یک فضای برداری حقیقی، قضیه شور و دیسک‌های گرسگورن را وارد کرده‌ام.

Steven Roman Irvine , California May ۲۰۰۰

این کتاب یک معرفی کامل از جبر خطی برای دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد و همچنین دانشجویان پیشرفته مقطع کارشناسی می باشد. پیشنهادها به اطلاعات اساسی در مورد ویژگی های ماتریس ها و دترمینان ها محدود شده اند، به هر حال از آنجایی که مفاهیم اساسی فضا های برداری و تبدیلات خطی را نسبتاً سریع پوشش داده ایم، یک آشنایی اولیه از جبر خطی (حتی در حد سال سوم دانشگاه) همراه با اندازه مطمئنی از "بلوغ ریاضی" بسیار مفید است.

فصل صفر شامل خلاصه ای از موضوعات مسلم جبر مدون است که پی در پی لازم است. این فصل می تواند سریع خوانده شود و به عنوان یک منبع مورد استفاده قرار گیرد. فصل های ۱-۳ شامل بحث مربوط به ویژگی های اصلی فضاهای برداری و تبدیلات خطی است.

فصل ۴ به بحث درباره این اختصاص دارد، که به مقایسه بین ویژگی های مدول ها و متناظر آنها در فضاهای برداری می پردازد. فصل ۵ بررسی بیشتری روی مدول ها را فراهم ساخته است. اهداف اصلی این فصل این است که ثابت کند هر دو پایه از یک مدول آزاد دارای عدد اصلی یکسان می باشند، و همچنین مدول های نوتری را معرفی کند. به هر حال یک آموزگار می تواند این فصل را به اختصار بیان کند، و تمام اثبات ها را حذف کند. فصل ۶ که به نظریه مدول ها روی یک دامنه ایده آل اصلی اختصاص دارد بر پایه قضیه تجزیه دوری برای مدول های با تولید متناهی تأسیس شده است. این قضیه اساس قضیه های ساختاری برای عملگرهای خطی روی فضاهای متناهی بعد است که در فصل های ۷ و ۸ بحث شده اند. فصل ۹ به فضاهای ضرب داخلی حقیقی و مختلط اختصاص دارد. در این فصل تأکید روی فضای متناهی بعد است تا بتوانیم هرچه سریعتر به قضیه طیفی برای عملگرهای نرمال روی فضاهای متناهی بعد در فصل ۱۰ نائل شویم. علیرغم این موضوع ما نهایت تلاش خود را به کار بردیم تا بسیاری از نتایجی که برای حالت بعد دلخواه هم مناسب باشد را بیان کنیم.

موضوعات مستقل است. فصل ۱۱ در مورد فضاهای برداری متریک است که ما در آنجا به توصیف هندسه های هممتفه و متعامد روی میدان های اسکالر متفاوت می پردازیم. فصل ۱۲ شامل مطالب کافی از فضای متریک است که به ما این امکان را می دهد تا مطالعه همه جانبه ای از ویژگی های توپولوژیکی برای نظریه اصلی فضای هیلبرت در فصل ۱۳ را داشته باشیم. اثبات نسبتاً طولانی اینکه هر فضای متریک می تواند در متمیم خود نشانده شود، می تواند حذف شود.

فصل ۱۴ شامل معرفی مختصری از حاصلضرب های تانسوری است. به منظور ایجاد انگیزه برای خاصیت جهانی حاصلضرب های تانسوری، بدون اینکه زیاد درگیر اصطلاحات رسته ای شویم، ابتدا خاصیت جهانی دو مفهوم فضای برداری آزاد و مجموع مستقیم متعارف را بررسی می کنیم. فصل ۱۵ درباره هندسه آفینی است. که روی مفاهیم مربوط به ساختار جبری تأکید دارد تا ساختار هندسی آن.

فصل انتهایی مقدمه ای از موضوع نسبتاً جدیدی که حساب سایه ای نام دارد را فراهم ساخته است. این یک نظریه جبری است که برای مطالعه نوع خاصی از توابع چندجمله ای که نقش مهمی در ریاضیات کاربرد، آنها می کنند، به کار می رود. ما تنها یک معرفی مختصری از موضوعات که روی دیدگاه جاری آن تأکید دارد (تا اینکه به کاربردهایش بپردازد) ارائه می دهیم. این اولین باری است که این موضوع در یک کتاب درسی دیده می شود.

Steven Roman Irvine

قسمت اول: جبر خطی پایه

۱	فصل صفر پیش نیاز ها
۱	پیش نیازها
۲۱	ساختار های جبری
۴۱	فصل اول: فضای برداری
۴۱	فضای برداری
۴۳	زیرفضا ها
۴۷	مجموع مستقیم
۵۳	مجموعه های تولید کنند و استقلال خطی
۵۹	بعد یک فضای برداری
۶۳	پایه های مرتب و ماتریس های مختصات
۶۴	فضای سطری و ستونی یک ماتریس
۶۵	مختلط سازی یک فضای برداری حقیقی
۶۹	تمرین ها
۷۵	فصل دوم: تبدیل های خطی
۷۵	تبدیل های خطی
۷۸	هسته و برد یک تبدیل خطی
۷۹	یکریختی ها
۸۱	قضیه مجموع رتبه و پوچی
۸۲	تبدیل های خطی از F^n به F^m
۸۴	تعویض پایه ماتریس ها
۸۵	ماتریس یک تبدیل خطی

۸۹	هم ارزی ماتریس ها
۹۱	تشابه ماتریس ها
۹۲	تشابه عملگرها
۹۴	زیر فضاهای پایا و زوج های تجزیه کننده
۹۵	عملگرهای تصویری
۱۰۲	فضاهای برداری توپولوژیک
۱۰۷	عملگرهای خطی روی V^C
۱۰۸	تمرین ها
۱۱۵	فصل سوم: فضا یای یکریختی
۱۱۵	فضای خارج قسمتی
۱۱۹	خاصیت مهمان: فضای خارج قسمت و قضیه اول یکریختی
۱۲۲	فضاهای خارج قسمتی م و نقص بعد
۱۲۳	قضایای یکریختی دیگر
۱۲۴	تابعک های خطی
۱۲۷	پایه های دوگان
۱۳۲	بازتابی
۱۳۴	پوچسازها
۱۳۷	عملگرهای الحاقی
۱۴۱	تمرین ها
۱۴۵	فصل چهارم: مدول (۱)
۱۴۵	انگیزه
۱۴۶	مدول ها
۱۴۹	زیرمدول ها
۱۵۰	زیر مجموعه های تولید کننده
۱۵۲	استقلال خطی

۱۵۳	عضوهای تابعی
۱۵۴	پوچسازها
۱۵۵	مدول های آزاد
۱۵۷	همریختی ها
۱۵۸	مدول های خارج قسمتی
۱۵۹	قضیه های یکریختی و تناظر
۱۶۰	مجموع مستقیم و جمعووندهای مستقیم
۱۶۷	مدول ها به زیبایی فضاهاى بردارى نیستند
۱۶۷	تمرین ها
۱۷۱	فصل پنجم: مدول (۲)
۱۷۱	رتبه يك مدول آزاد
۱۷۸	مدول های آزاد و همریختی ها
۱۷۹	مدول های نوتری
۱۸۳	قضیه پایه هیلبرت
۱۸۵	تمرین ها
۱۸۹	فصل ششم: مدول ها روی یک دامنه ایده آل اصلی
۱۸۹	پوچسازها و مرتبه ها
۱۹۰	مدول های دوری
۱۹۴	مدول های آزاد روی یک دامنه ایده آل اصلی
۱۹۸	مدول های آزاد و بی تاب
۱۹۹	قضیه تجزیه دوری اولیه
۲۱۳	تجزیه به عامل های ناورد
۲۱۶	مشخص کردن مدول های دوری
۲۱۷	مدول های تجزیه ناپذیر
۲۱۸	تمرین ها
۲۲۳	فصل هفتم: ساختار یک عملگر خطی

۲۳۰	تجزیه دوری اولیه V_r
۲۳۲	چندجمله ای مشخصه
۲۳۴	مدول های دوری و تجزیه ناپذیر
۲۳۸	تصویر بزرگ
۲۴۰	فرم گویای کانونی
۲۴۹	تمرین ها
۲۵۳	فصل هشتم: مقادیر ویژه و بردارهای ویژه
۲۵۳	مقادیر ویژه و بردارهای ویژه
۲۵۹	چندگانگی هندسی و جبری
۲۶۰	فرم کانونی بردار
۲۶۳	مثلی شدن و قسری شدن
۲۷۰	عملگرهای قطری شدن
۲۷۲	تمرین ها
۲۸۳	فصل نهم: فضای ضرب داخلی، خطا و حقیقی
۲۸۷	نرم و فاصله
۲۹۰	طولها ها
۲۹۱	تعامد
۲۹۳	مجموعه های متعامد و متعامد یکه
۳۰۱	قضیه تصویر و بهترین تقریب
۳۰۶	قضیه نمایش ریس
۳۰۸	تمرین ها
۳۱۳	فصل دهم: نظریه ساختاری برای عملگرهای نرمال
۳۱۳	الحاقی یک عملگر خطی
۳۱۸	تصویرهای متعامد
۳۲۱	قطری شونده یکانی

۳۲۲	عملگرهای نرمال
۳۲۷	بعضی از عملگرهای نرمال خاص
۳۲۹	عملگرهای خودالحاق
۳۳۱	عملگرهای یکانی و ایزومتری ها
۳۳۸	ساختار عملگرهای نرمال
۳۴۱	حساب تابعک ها
۳۴۵	عملگرهای مثبت
۳۴۷	تجزیه قطبی یک عملگر
۳۵۰	تمرین ها
	قسمت دوم: مجموعهات
۳۵۳	فصل یازدهم: فضاها، برداری متریک، نظریه فرم های دوخطی
۳۵۳	فرم های متناظر، پارامترن و دوخطی
۳۵۸	ماتریس یک فرم دوخطی
۳۶۱	فرم های درجه دو
۳۶۳	تعامد
۳۶۸	تابعک های خطی
۳۶۹	متمم متعامد و مجموع مستقیم متعامد
۳۷۲	ایزومتری ها
۳۷۴	فضاهای هذلولوی
۳۷۵	تکمیل غیر تکین یک زیرفضا
۳۷۹	فضیه ویت: یک نگاه مختصر
۳۸۰	مسئله طبقه بندی برای فضاها، برداری متریک
۳۸۱	هندسه همافته
۳۸۸	ساختار هندسه های متعامد: پایه های متعامد
۳۹۲	رده بندی هندسه های متعامد: فرم های کانونی
۴۰۱	گروه متعامد

۴۰۷	زیرفضای هذلولی ماکزیمال برای یک هندسه متعامد
۴۱۰	تمرین ها
۴۱۷	فصل دوازدهم: فضاهاى متریک
۴۱۷	تعریف فضای متریک
۴۲۰	مجموعه های باز و بسته
۴۲۳	همگرایی در یک فضای متریک
۴۲۴	بستار یک مجموعه
۴۲۷	زیرمجموعه های چگال
۴۲۹	پیوستگ
۴۳۱	کمال
۴۳۷	ایزومتري ها
۴۳۸	تتميم يك فضاى متریک
۴۳۸	تمرین ها
۴۴۵	فصل سیزدهم: فضاهاى هیلبرت
۴۴۵	یک بازنگری مختصر
۴۴۷	فضاهای هیلبرت
۴۵۲	سریهای نامتناهی
۴۵۴	یک مسئله تقریب
۴۶۰	پایه های هیلبرت
۴۶۱	بسط فوریه
۴۷۳	یک مشخصه پایه های هیلبرت
۴۷۴	بعد هیلبرت
۴۷۵	مشخصه فضاهاى هیلبرت
۴۷۷	قضیه نمایش ریس
۴۸۱	تمرین ها

۴۸۵	فصل چهاردهم: حاصلضرب تانسوری
۴۸۵	خاصیت جهانی
۴۹۱	نگاشت های دوخطی
۴۹۴	حاصلضرب تانسوری
۵۰۲	چه وقت یک ضرب تانسوری برابر صفر است
۵۰۳	ماتریس مختصات و رتبه
۵۰۷	مشخص کردن بردارها در یک ضرب تانسوری
۵۱۰	تعریف تبدیل های خطی روی یک ضرب تانسوری
۵۱۳	ضرب تانسوری عملگر های خطی
۵۱۷	تغییر پداز پایه (اسکالر)
۵۲۱	نگاشت های چندخطی و ضرب تانسوری مکرر
۵۲۶	فضاهای تانسوری
۵۳۱	نگاشت های چندخطی خاص
۵۳۳	جبرهای مدرج
۵۳۴	جبرهای تانسوری متقارن و بدمتقارن
۵۵۰	دترمینان
۵۵۲	تمرین ها
۵۵۷	فصل پانزدهم: هندسه آفینی
۵۵۷	هندسه آفینی
۵۵۹	ترکیب آفینی
۵۶۲	پوسته های آفینی
۵۶۳	شبکه مسطح ها
۵۶۵	اسقلال آفینی
۵۶۹	تبدیل های آفینی
۵۷۱	هندسه تصویری
۵۷۶	تمرین ها

۵۷۹	مقادیر تکین
۵۸۲	وارون توسعه یافته مور- پتروز
۵۸۵	تقریب کمترین مربعات
۵۸۸	تمرین ها
۵۹۱	فصل هفدهم: مقدمه ای بر جبرها
۵۹۱	انگیزه
۵۹۱	جبرهای شرکت پذیر
۶۰۸	جبرهای تقسیمی
۶۱۸	تمرین ها
۶۱۹	فصل هجدهم: سبب سایه ای
۶۱۹	سریهای توانی صدی
۶۲۱	جبر سایه ای
۶۲۷	سریهای توانی صفر به عنوان عملگرهای خطی
۶۳۱	دنباله های شفر
۶۴۱	مثال های از دنباله های شفر
۶۴۴	عملگرهای سایه ای و انتقال های سایه ای
۶۴۶	عملگرهای پیوسته روی جبر سایه ای
۶۴۸	الحاقی عملگرها
۶۴۹	عملگرهای سایه ای و خودریختی های جبرهای سایه ای
۶۵۵	انتقال های سایه ای و واپرش های جبرهای سایه ای
۶۶۲	فرمول های انتقال
۶۶۳	توضیحات نهایی
۶۶۵	تمرین ها
۶۶۹	منابع