

---

## ریاضیات مهندسی کاربردی

---

سیدمحمد هاشمی نژاد  
محمد حیدری رارانی

[www.ketab.ir](http://www.ketab.ir)



نشر کتاب دانشگاهی

مرشنامه	هاشمی نژاد، سیدمحمد، ۱۳۴۱ -
عنوان و نام پدیدآور	ریاضیات مهندسی کاربردی / محمد هاشمی نژاد، محمد حیدری رارانی.
مشخصات نشر	تهران: نشر کتاب دانشگاهی، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	۳۱۲ ص.
شابک	978-600-5107-49-4
موضوع	ریاضیات مهندسی -- راهنمای آموزشی (عالی).
موضوع	ریاضیات مهندسی -- مسائل، تمرین ها و غیره (عالی).
شناسه افزوده	حیدری رارانی، محمد، ۱۳۴۱ -
رده بندی کنگره	۱۳۹۰ ۹۲۹/۵/۵۰۲۹۱۳۳۲۲ TA
رده بندی دیویی	۶۲۰/-۰-۱۵۱
شماره کتاب شناسی ملی	۲۴۵۹۷۴۰



نشر کتاب دانشگاهی

## ریاضیات مهندسی کاربردی

سیدمحمد هاشمی نژاد

محمد حیدری رارانی

ویراستار: سعید واشهری  
صفحه آرایی: مهسا زینالی

چاپ اول: ۱۳۹۰

لیتوگرافی: مهران نگار

چاپ: روناس

صحافی: کتیبه

تعداد صفحات: ۳۱۲، وزبری

۱۰۰۰ نسخه

۷۵۰۰ تومان

شابک ۹۷۸-۶۰۰-۵۱۰۷-۴۹-۴ ISBN 978-600-5107-49-4



مرکز پخش: شماره ۸۷ خیابان بزرگمهر، بین وصال و قدس، تلفکس ۶۶۴۶۷۲۲۶  
فروشگاه روز نو: شماره ۱۲۰۲ خیابان انقلاب، بین فخررازی و دانشگاه، تلفکس ۶۶۹۵۰۵۲۰  
Website: [www.ketabedanehshgahi.com](http://www.ketabedanehshgahi.com) E-mail: [info@ketabedanehshgahi.com](mailto:info@ketabedanehshgahi.com)

حقوق چاپ و نشر دائم این اثر محفوظ و مخصوص نشر کتاب دانشگاهی است.

## فهرست

### بخش اول: جبر خطی

#### فصل اول: فضاهاى بردارى

- ۱-۱ فضاهاى بردارى ۳  
۲-۱ زیرفضاها ۵  
۳-۱ زیرفضاهاى مجموعه فراگیر ۷  
۴-۱ استقلال خطی ۹  
۵-۱ مفهوم هندسى وابستگى خطی ۱۱  
۶-۱ پایه فضاى بردارى ۱۱  
۷-۱ بعد فضاى بردارى ۱۴  
۸-۱ فضاى حاصل ضرب داخلى ۱۵

#### فصل دوم: تبدیل‌هاى خطی

- ۱-۲ تبدیل خطی ۲۳  
۲-۲ نمایش ماتریسى نگاشت خطی ۲۶  
۳-۲ تبدیل‌هاى متشابه ۳۰  
۴-۲ چهار زیرفضاى اصلی ۳۴

#### فصل سوم: نظریه طیفى ماتریس‌ها

- ۱-۳ مقادیر ویژه و بردارهاى ویژه ۴۳  
۲-۳ تعیین بردارهاى ویژه یک ماتریس و فرایند قطرى کردن ۴۶

#### فصل چهارم: معادلات دیفرانسیل معمولی و جبر خطی

- ۱-۴ قضیه کیلی-حمیلتون و کاربردهاى آن ۶۱  
۲-۴ توابع تحلیلى ماتریس‌هاى مربعى ۶۲  
۳-۴ روش‌هاى محاسبه ۶۴  
۴-۴ دستگاه معادلات دیفرانسیل خطی مرتبه اول ۷۶

فصل پنجم: معکوس‌های تعمیم‌یافته (شبه‌وارون)

۱-۵ روش حداقل مربعات

۹۱

بخش دوم: معادلات دیفرانسیل پاره‌ای خطی

فصل ششم: توابع خاص و چندجمله‌ای‌های متعامد

۱-۶ تابع گاما

۱۰۹

۲-۶ توابع بسل

۱۱۱

۳-۶ چندجمله‌ای لژاندر

۱۲۵

۴-۶ معادلات حل‌شدنی برحسب توابع بسل

۱۳۹

فصل هفتم: مسائل مقدار ویژه اشتورم-لیوویل

۱-۷ تعریف مسائل مقدار ویژه اشتورم-لیوویل و انواع آن

۱۴۳

فصل هشتم: مسائل انتقال حرارت

۱-۸ انتقال حرارت در مختصات دکارتی

۱۵۵

۲-۸ انتقال حرارت در مختصات استوانه‌ای

۱۸۳

۳-۸ انتقال حرارت در مختصات کروی

۲۱۱

فصل نهم: مسائل انتشار موج

۱-۹ انتشار موج در مختصات دکارتی

۲۲۳

۲-۹ انتشار موج در مختصات استوانه‌ای

۲۴۷

فصل دهم: نظریه اختلال

۱-۱۰ مفاهیم کلی

۲۶۹

۲-۱۰ روش اختلال در حل معادلات جبری

۲۷۲

۳-۱۰ روش اختلال در حل معادلات دیفرانسیل معمولی

۲۷۷

پیوست

۲۹۷

مراجع

۲۹۳

## پیشگفتار

یکی از وظایف مهم مهندسان، طراحی است و شرط لازم طراحی، تحلیل است. تحلیل‌های مهندسی جنبه‌های گوناگونی از قبیل بررسی مدل‌های ریاضی و یا مدل‌سازی با کامپیوتر دارند. از این میان، ریاضیات ابزاری است که دقت را بر تصور تحمیل می‌کند و با حذف شاخ و برگ‌های نامربوط، توجه را بر مسئله اصلی معطوف می‌دارد. ریاضیات هر جا که کاربردش مفید تشخیص داده شود مبنایی درست برای تحلیل فراهم می‌آورد. بنابراین، هدف در ریاضیات مهندسی کاربردی پرداختن به دسته‌ای از مسائل واقعی مهندسی است که مهندس تلاش می‌کند از پیچیدگی‌های کم‌اهمیت آن‌ها بکاهد و به کمک ریاضیات تقریبی از آن‌ها بزند و آن‌ها را تحلیل کند. به همین دلیل، موضوعات مورد بحث در این کتاب به‌طور تصادفی ارائه نشده، بلکه به گونه‌ای طرح‌ریزی شده که جریانی روان از ابتدا تا انتهایش برقرار کند.

این کتاب در دو بخش اصلی جبر خطی و معادلات دیفرانسیل پاره‌ای تهیه شده است. در بخش جبر خطی، نظریه پیشرفته ماتریس‌ها و حل دستگاه معادلات دیفرانسیل معمولی به روش جبر خطی مطرح شده‌اند. این بخش به دلیل توجه کمتر منابع فارسی موجود به جبر خطی و اهمیت آن در مهندسی مورد نظر است. در بخش معادلات دیفرانسیل پاره‌ای، سعی شده کاربردی‌ترین مثال‌های مهندسی و علوم پایه مطرح شود. از طرفی تلاش شده است یک مسئله با چندین روش مختلف حل شود تا خواننده بتواند نگرشی کلی از انواع روش‌های حل پیدا کند. همچنین، به دلیل کاربرد وسیع نظریه اختلال در مسائل مهندسی، در فصل آخر این کتاب به حل معادلات جبری و دیفرانسیل معمولی به روش اختلال پرداخته‌ایم. از سوی دیگر، همواره در تمام کتاب کوشیده‌ایم برای درک بهتر موضوع هر فصل را با مثال‌های ساده شروع کنیم و به تدریج با مثال‌های دشوارتر به پایان برسانیم، همچنین مفهوم فیزیکی هر مسئله ریاضی را در صورت امکان بیان کرده‌ایم.

این کتاب حاصل تجربه تدریس چندین ساله مؤلفان در رشته مهندسی مکانیک است و در تدوین آن کوشش فراوان به‌عمل آمده تا عاری از هرگونه اشکالات تایپی و مفهومی باشد. با وجود این، از استادان و دانشجویانی که این کتاب را مطالعه می‌کنند تقاضا می‌شود هرگونه اشکال و پیشنهاد را به آدرس الکترونیکی [heidarirarani@yahoo.com](mailto:heidarirarani@yahoo.com) ارسال کنند تا در ویراست‌های بعدی اصلاح شود. در پایان بر خود لازم می‌دانیم از همکاری مدیریت و کارکنان نشر کتاب دانشگاهی برای ویرایش و آماده‌سازی کتاب صمیمانه تشکر کنیم.

دکتر سیدمحمد هاشمی‌نژاد

دکتر محمد حیدری رازانی

شهریور ۱۳۹۰