

الاستیسیتہ، تئوری، کاربردها و محاسبات

تالیف:

مارتین اچ. ساد

ترجمہ:

دکتر رضا اکبری الاشتی
(دانشکده مهندسی مکانیک)

دکتر بهرام نوائی نیا
(دانشکده مهندسی عمران)

دکتر ایمان محمدپور نیک بین
(دانشگاه آزاد رشت)

سرشناسه	: ساد، مارتین هوارد (Martin Howard)
عنوان و نام پدیدآور	: الاستیسیته، تئوری، کاربردها و محاسبات / تالیف مارنیزاچ، ساد؛ ترجمه رضا اکبری لاشتی، بهرام نوائی نیا، ایمان محمدیورنیکبین.
مشخصات نشر	: ساری : آوید، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	: ۲۸۶ ص.، مصور، نمودار.
شابک	: 8-27-7002-600-978
وضعیت فهرست نویسی	: قیما
یادداشت	: عنوان اصلی: Elasticity: theory, applications, and numerics, 2nd ed, c2009
یادداشت	: کتاب جاسپر نخستین بار تحت عنوان «الاستیسیته نظری، کاربردی، محاسباتی» با ترجمه علی اصغر عطائی توسط انتشارات علمی و فنی در سال ۱۳۸۹ ترجمه و منتشر شده است.
یادداشت	: واژه نامه.
عنوان دیگر	: الاستیسیته نظری، کاربردی، محاسباتی.
موضوع	: ارتجاع (فیزیک)
شناسه افزوده	: اکبری لاشتی، رضا، ۱۳۳۲ - مترجم
شناسه افزوده	: نوائی نیا، بهرام، ۱۳۴۴ - مترجم
شناسه افزوده	: محمدیورنیکبین، ایمان، ۱۳۶۱ - مترجم
رده بندی کنگره	: الف 1392 7 الف 2 س / QA 931
رده بندی دیویی	: 531/382
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۲-۷۸۳۷

• عنوان	: الاستیسیته، تئوری، کاربردها و محاسبات
• ترجمه	: رضا اکبری لاشتی، بهرام نوائی نیا، ایمان محمدیورنیکبین
• ناشر	: انتشارات دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
• تاریخ انتشار	: 1392 (چاپ اول)
• محل انتشار	: بابل
• تعداد صفحات	: 786
• تیتر	: 2000 نسخه
• قیمت	: 170000 ریال
• چاپ و صحافی	: مؤسسه چاپ نیما
	: «کلیه حقوق برای دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل محفوظ است.»

شابک: 8-27-7002-600-978

ISBN: 978-600-7002-27-8

پیشگفتار مترجمین

تئوری الاستیسیسته از مباحث بنیادین مکانیک مهندسی می‌باشد که کاربرد گسترده و بسیار وسیعی در شاخه‌های مختلف مهندسی نظیر مهندسی مکانیک، سازه، زلزله، سازه‌های هیدرولیکی و دریایی، هوا فضا و مهندسی مواد داشته و در اکثر شاخه‌های فوق‌الذکر جز دروس اصلی می‌باشد. به دلیل این کاربرد وسیع و گسترده، کتب فراوانی در این خصوص تألیف و یا ترجمه گردیده‌اند. یکی از مناسب‌ترین کتاب‌ها در این زمینه کتاب "الاستیسیسته، تئوری، کاربردها و محاسبات" می‌باشد که توسط "اچ. مارتین ساد" تألیف و ویرایش دوم آن در سال ۲۰۰۹ میلادی به چاپ رسیده است. این کتاب علاوه بر مطالب کلاسیک تئوری الاستیسیسته، مباحث پیشرفته‌تری نظیر الاستیسیسته غیرهمگن و غیرایزوتروپ، منبریهای مختلط، ترموالاستیسیسته و از همه مهم‌تر میکرومکانیک را نیز ارائه نموده که برخی از این مباحث برای تدریس در مقطع دکتری نیز قابل استفاده می‌باشد. این کتاب به دلیل جذابیت فوق‌العاده در انتقال مفاهیم، پیوستگی، گستردگی و نیز تنوع مطالب، جهت استفاده برای دانشجویان مقاطع کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری از جنبه آموزشی و نیز کاربردی توسط مترجمین بسیار مناسب تشخیص داده شد. کتاب در ابتدای هر فصل مباحث بنیادین تئوریک را مطرح و با حل مثال‌های کاربردی، توانایی حل مسائل متنوع را برای دانشجویان در بخش تمرین‌ها و مسائل آخر هر فصل مهیا می‌نماید. علاوه بر این با حل تمرینات مختلف توسط نرم افزار "Matlab" بر جذابیت کتاب اضافه می‌گردد. به دلیل جذابیت‌ها، نوآوری‌ها و ویژگی‌های بارز کتاب در ارائه مطالب و به خصوص ارائه مباحث نوین، این کتاب توسط مترجمین برای ترجمه جهت استفاده هر چه بیشتر دانشجویان و نیز متخصصین مربوط انتخاب گردیده است.

اگر چه از شروع ترجمه کتاب بیش از سه سال و از تکمیل متن ترجمه شده بیش از یکسال و اندی می‌گذرد، اما بنا به بعضی دلایل چاپ آن تاکنون به تاخیر افتاده است. شایسته است تا در اینجا از زحمات آقای دکتر مهدی دهستانی، عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل بابت ویراستاری و نیز حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه به خصوص آقای حر شفت که در امر ترجمه و چاپ کتاب نهایت همکاری و اهتمام را به عمل آورده‌اند تقدیر و تشکر گردد.

مترجمین کتاب مشتاقانه در انتظار نقطه نظرات و پیشنهادات ارزشمند خوانندگان عزیز به منظور رفع نقایص و ایرادات احتمالی در چاپ‌های بعدی می‌باشند.

دکتر ایمان محمدپور نیک بین
دانشگاه آزاد رشت

دکتر بهرام نوائی نیا
دانشکده مهندسی عمران

دکتر رضا اکبری آلاشتی
دانشکده مهندسی مکانیک

پیش‌گفتار نویسنده

ویرایش دوم این کتاب ادامه تلاش نویسنده در ارائه بهتری از مفهوم الاستیسیته خطی، توسعه نظری مختصر، بیان کاربردهای فراوان و جدید و نیز ارائه راه حل‌های عددی روشنگرانه در کمک به درک پاسخ‌ها می‌باشد. در این ویرایش علاوه بر اصلاح اشتباهات چاپی، چندین مورد جدید نیز افزوده شده است. شاید بیشترین تغییرات مربوط به فصل جدید الاستیسیته غیرهمگن می‌باشد، موضوعی که به ندرت در کتاب‌های الاستیسیته موجود می‌توان آن را یافت. در طی دو دهه گذشته، این موضوع به طور قابل ملاحظه‌ای با گرایش مهندسی در استفاده مصالح مندرج تابعی مورد توجه قرار گرفته است. فصل جدید چهارده که در این ویرایش افزوده شده شامل فرمول‌بندی‌های نظری اساسی و چندین مساله کاربردی می‌باشد که اخیراً در گزارش‌های علمی مطرح گردیده است. یک ضمیمه جدید که شامل مروری بر مقاومت مصالح می‌باشد نیز به این ویرایش افزوده شده است که به فراهم شدن کتابی جامع‌تر برای دانشجویان کمک نموده و این امکان را فراهم می‌آورد تا آن گونه که نیاز می‌باشد مبانی دوره کارشناسی را به طور مناسب مرور نمایند.

حداقل صد تمرین جدید که در بیشتر فصول پخش شده به ویرایش دوم افزوده شده است. این تمرینات برای مدرسین، انتخاب‌های جدید بسیار زیادی به عنوان تکلیف، امتحان یا مواردی برای بحث در کلاس فراهم می‌نماید. سایر مواردی که به ویرایش قبلی افزوده شده است شامل یک بخش جدید در مسائل پادهمسانگرد منحنی‌الخط و یک بحث مبسوط در خصوص شرایط مرزی سطح مشترک برای اجسام مرکب می‌باشد. راه حل‌های دستی به روز و اصلاح گردیده که تمامی تمرینات موجود در این کتاب را در بر می‌گیرد.

این ویرایش جدید همچنین حاصلی است از یادداشت‌های درسی اینجانب که در تدریس تئوری الاستیسیته در دو دوره متوالی از آن استفاده نموده‌ام. بخش اول از این کتاب که اساساً برای دوره مقدماتی طراحی شده است معمولاً برای آغاز دوره دانشجویان کارشناسی ارشد در رشته‌های گوناگون مهندسی در نظر گرفته شده است. هدف آموزش مقدماتی آن است که تئوری و فرمول‌بندی و ارائه راه‌حل برای برخی از مسائل اساسی را به دانشجویان معرفی نماید. به این طریق دانشجویان مشاهده می‌نمایند که چگونه و چرا مدل الاستیسیته کلی‌تری برای تغییر شکل می‌بایست با تحلیل مقاومت مصالح مقدماتی جایگزین گردد. آموزش مقدماتی همچنین پایه‌ای را برای مطالعات پیشرفته‌تر مرتبط با حوزه مکانیک جامدات فراهم می‌نماید. مفاهیم

پیشرفته‌تری که در بخش دوم مطرح می‌گردد طبیعتاً برای سطوح بالاتر آموزشی می‌باشد که برای دانشجویان سال دوم و سوم در نظر گرفته شده است. هر چند بخش‌های معینی از بخش دوم می‌توانست در بخش مقدماتی نیز گنجانده شود.

دلیل ورود من به کتاب دیگر در زمینه الاستیسیته چیست؟ مدت زمان زیادی این موضوع را در ایالات متحده در چندین دانشکده مهندسی مرتبط با صنایع و یک آژانس دولتی آموزش داده‌ام. در طول این مدت تئوری اولیه تغییر چندانی نداشته است، هر چند تغییرات در اهمیت حل مسائل، کاربردهای الاستیسیته، روش‌های عددی/محاسباتی و فن آموزش مهندسی نیازهایی را برای بیان شیوه‌های جدید در این موضوع ایجاد نموده است. اینجانب دریافتم که کتاب موجود فاقد عناوین مختصر شده، ارائه سازمان‌دهی شده‌ای از تئوری، شکل مناسبی برای آموزش، کاربردهای واضح مربوط به موضوعات نوین و یک رابط عددی که به توسعه راه‌حل‌ها و درک نتایج کمک می‌نمایند می‌باشد.

معرفی الاستیسیته در این کتاب، کلمات به کار رفته در عنوان آن را که شامل تئوری، کاربردها و محاسبات می‌باشد منعکس می‌نماید. از آنجائی که اصطلاح تئوری مبنای اساسی این موضوع را تشکیل می‌دهد، مهم است تا از ابتدا توسعه نظری درستی از الاستیسیته با دقتی کافی فراهم گردد تا پایه‌ای مناسب برای توسعه راه‌حل‌ها در بخش گسترده‌ای از مسائل را برای دانشجویان فراهم نماید. در این کتاب توسعه نظری به صورت یک شیوه سازمان‌دهی شده و مختصر بیان می‌گردد تا توجه دانشجویان کمتر آشنا با ریاضیات و نیز تمرکز بر روی کاربردها را از بین نبرد. با هدف اصلی حل مسائل جالب مهندسی، این کتاب کاربرد وسیعی مرتبط با موضوعات جدید شامل مرکب پادهمسانگرد و مصالح مدرج، مکانیک شکست، مدلسازی میکرومکانیک، مسائل ترموالاستیک، روش‌های محاسباتی اجزای مرزی و محدود می‌باشد را ارائه می‌نماید. تمامی فصول این کتاب شامل مسائل نمونه حل شده و تمرینات متنوعی می‌باشند.

شاید آنچه که مفاهیم این کتاب را منحصر به فرد نموده استفاده از راه حل‌های عددی می‌باشد. با در نظر گرفتن روشی که کاربردهای تئوری در آن نیاز به مشاهده از طریق محاسبه و نمایش ترسیمی دارند، حل عددی از طریق نرم‌افزار *MATLAB* یکی از بسته‌های نرم‌افزاری مهندسی بسیار مطرح، انجام می‌گیرد. این نرم‌افزار در تمام کتاب برای کاربردهایی نظیر تبدیل تنش و کرنش، ارزیابی و ترسیم توزیع تغییر مکان و تنش، محاسبات اجزا محدود و مقایسه میان

پاسخ‌های تئوری مقاومت مصالح و پاسخ‌های عددی و تحلیلی الاستیسیته استفاده می‌گردد. با ارزیابی پاسخ‌های عددی و ترسیمی، مسائل کاربردی برای آموزش دانشجویان بسیار جالب و مفید خواهد بود.

خلاصه محتوای کتاب

بخش اول این کتاب بر روی جزئیات فرمول‌بندی و کاربردهای اولیه تاکید دارد. فصل اول زمینه ریاضی را برای فرمول‌بندی الاستیسیته از طریق مروری بر تئوری میدان اسکالر (عددی)، برداری و تانسوری فراهم می‌نماید. در این فصل نمایش تانسوری کارتزین معرفی شده و تماماً در بخش‌های فرمول‌بندی کتاب به کار می‌رود. فصل دوم تحلیل کرنش و تغییر مکان را از طریق مفهوم تئوری تغییر شکل کوچک پوشش می‌دهد. مفهوم سازگاری کرنش نیز در این فصل بیان می‌گردد. بحث مربوط به نیروها، تنش‌ها و تعادل در فصل سوم مطرح می‌گردند. رفتار مصالح ارتجاعی خطی که به قانون هوک تعمیم یافته منجر می‌گردد در فصل چهارم بحث می‌شود. این فصل همچنین شامل بحث‌های مختصری در زمینه ناهمگنی، پاد همسانگردی و فرم‌های بنیادین ترموالاستیک می‌باشد. فصول بعدی کاربرد آن‌ها را به طور کامل مورد بررسی قرار می‌دهند.

فصل پنجم معادلات حاصله قبلی و فرمول‌بندی‌های مسائل پایه مقدار مرزی تئوری الاستیسیته را دسته‌بندی می‌نماید. در این فصل فرمول‌بندی‌های تنش و تغییر مکان تعیین گردیده و راهبردهای کلی برای حل ارائه می‌شوند. این فصل برای دانشجویان بسیار با اهمیت می‌باشد زیرا تئوری‌ها توأماً با یکدیگر به کار گرفته می‌شود. فصل ششم انرژی کرنشی را بیان نموده و با مفاهیمی شامل نظریه تقابل، کار مجازی و انرژی پتانسیل حداقل و انرژی مکمل مرتبط می‌باشد. فرمول‌بندی‌های دو بعدی کرنش صفحه‌ای و تنش صفحه‌ای و کرنش پاد صفحه در فصل هفتم مطرح می‌گردند. مجموعه‌ای از راه حل‌های مبسوط برای مسائل خاص دو بعدی در فصل هشتم ارائه و کاربردهای عددی نرم افزار *MATLAB* برای اثبات نتایج آن به کار می‌رود. حل‌های تحلیلی در فصل نهم برای مسائل کشش، پیچش و خمش سنت-وانان مطرح می‌گردد.

مفاهیم مطرح شده در بخش اول این کتاب پایه ای اساسی، منظم و منطقی را برای آغاز دوره نیمسال دیگر در آموزش تئوری الاستیسیته فراهم می‌نماید. قسمت انتخاب شده‌ای از بخش دوم این کتاب همچنین می‌تواند در آغاز این دوره مطرح گردد.

بخش دوم این کتاب با مطالعه در موضوعات بسیار پیشرفته‌تری که عموماً دومین دوره آموزشی در زمینه الاستیسیته را پوشش می‌دهد ادامه می‌یابد. روش قدرتمند متغیرهای مختلط برای مسائل صفحه‌ای در فصل دهم ارائه شده و چندین کاربرد آن برای مکانیک شکست بیان می‌گردد. فصل یازدهم تئوری همسانگرد پیشین را برای رفتار جامدات پاد همسانگرد با تأکید بر مصالح مرکب توسعه می‌دهد. این کاربرد نیز بسیار با اهمیت بوده و مجدداً مثال‌هایی مرتبط با مکانیک شکست را ارائه می‌نماید. حالت پاد همسانگرد منحنی‌الخط نیز به این فصل افزوده شده تا برخی راه حل‌های پایه‌ای برای مسائلی با این نوع از ساختار مصالح بررسی گردد.

مقدمه‌ای از ترمو الاستیسیته در فصل دوازدهم مطرح و چندین مساله کاربردی خاص شامل تمرکز تنش و مسائل ترک نیز بحث می‌شوند. روش پتانسیل شامل پتانسیل‌های تغییر مکان و توابع تنش در فصل سیزدهم ارائه می‌شود. این روش‌ها برای توسعه راه حل‌های الاستیسیته سه‌بعدی به کار برده می‌شود.

فصل جدید چهاردهم که شامل الاستیسیته غیرهمگن می‌باشد، در این ویرایش جدید افزوده شده است. بیان این مفهوم در میان کتاب‌های الاستیسیته مرسوم بسیار نادر می‌باشد. پس از پوشش دادن مختصر فرمول‌بندی نظری، راه حل‌های دوبعدی بیان گردیده و از طریق ترسیمی، نتایج آن با حالت متناظر همگن مقایسه می‌گردد. فصل پانزدهم مجموعه بی‌نظیری از کاربردهای الاستیسیته را در مسائلی شامل مدلسازی میکرو مکانیک ارائه می‌نماید. آنچه که در این فصل مطرح گردیده شامل کاربردهایی برای مدلسازی جداشدگی، حالات تنش تکین، جامدات با ترک‌های پخش شده و ریزقطبی، حفرات پخش شده و تئوری مکانیک دوتایی می‌باشند. فصل شانزدهم خلاصه‌ای از مقدمه روش‌های عددی قدرتمند شامل روش‌های اجزای محدود و مرزی را فراهم می‌نماید. اگرچه، تنها تئوری دو بعدی بحث می‌گردد ولی نتایج عددی در مسائل نمونه مقایسه‌های جالبی با حل‌های تحلیلی که در فصول قبل بیان گردیده اند را فراهم می‌نمایند. دومین ویرایش این کتاب الاستیسیته شامل چهار پیوست می‌باشد که شامل خلاصه‌ای از معادلات میدانی اساسی دسته‌بندی شده، روابط تبدیل میان سیستم‌های مختصات

کارترین، استوانه‌ای و فضایی، راهنمایی برای نرم افزار *MATLAB* و مروری جدید از مقاومت مصالح می‌باشد.

موضوع

الاستیسیته موضوعی زیبا و جذاب می‌باشد که با تعیین تنش و کرنش و توزیع تغییرمکان در یک جامد ارتجاعی تحت اثر نیروهای خارجی سروکار دارد. با تبعیت از فرضیات معمول خطی، تئوری تغییرشکل کوچک فرمول‌بندی، مدلی ریاضی برای حل مسائلی که در زمینه‌های علمی و مهندسی دارای کاربردهای فراوانی می‌باشند ایجاد می‌نماید.

- کاربردهای الاستیسیته در مهندسی عمران شامل نقش مهم تحلیل تنش و تغییرمکان در سازه‌ها شامل میله‌ها، تیرها، صفحات و پوسته‌ها می‌باشد. کاربردهای دیگر آن در مکانیک خاک شامل تنش‌ها در مصالحی همچون خاک، سنگ، بتن و آسفالت می‌باشد.
- مهندسی مکانیک الاستیسیته را در مسائل متعددی در تحلیل و طراحی اجزا ماشین به کار می‌گیرد. چنین کاربردهایی شامل تحلیل کلی تنش، تنش‌های تماسی، تحلیل تنش حرارتی، مکانیک شکست و خستگی می‌باشند.
- مهندسی مواد الاستیسیته را در تعیین میدان‌های تنش در جامدات کریستالی، پیرامون جداشدگی‌ها و در مصالحی با ساختار میکروسکوپی به کار می‌گیرد.
- کاربردهای الاستیسیته در فضاوردی و مهندسی هوافضا نیز شامل تنش، شکست و تحلیل خستگی در سازه‌های فضایی می‌باشد.

این موضوع همچنین پایه‌ای را برای موارد پیشرفته‌تر در رفتار مصالح غیر ارتجاعی شامل پلاستیسیته و ویسکوالاستیسیته و مطالعه تحلیل تنش‌ها با استفاده از روش‌های اجزا محدود و مرزی فراهم می‌کند. تئوری الاستیسیته مدلی ریاضی را برای مسائل تغییر شکل فراهم می‌نماید و این نکته دانشی ریاضی را جهت درک روش‌های فرمول‌بندی و حل می‌طلبد. معادلات میدانی دیفرانسیل جزئی حاکم با استفاده از مفاهیم اولیه مکانیک محیط پیوسته تعیین شده و عموماً به زبان برداری و تانسوری فرمول‌بندی شده‌اند. روش‌های استفاده شده برای حل این معادلات میدانی می‌تواند شامل روش‌های فوری، حساب تغییرات، تبدیلات انتگرالی، متغیرهای مختلط، تئوری پتانسیل، تفاضل‌های محدود، اجزا محدود و غیره باشد. به منظور آماده‌سازی دانشجویان

برای فراگیری تئوری الاستیسیته این کتاب مروری بر بسیاری از موضوعات ریاضی را فراهم و مراجع زیادی برای مطالعه بیشتر نیز معرفی نموده است. حائز اهمیت است که دانشجویان به قدر کافی برای آموزش‌های نظری آماده گردند زیرا که در غیر این صورت قادر نخواهند بود تا جزئیات لازم برای فرمول‌بندی را درک نمایند. البته با توجه به اهمیت کاربردها، بر روی یک تئوری خاص که برای حل مساله مفیدتر باشد متمرکز خواهیم شد. مفهوم رابطه تغییر شکل- نیروی ارتجاعی در ابتدا بوسیله رابرت هوک در سال ۱۶۷۸ پیشنهاد گردید ولی فرمول‌بندی اصلی ریاضی تئوری ارتجاعی تا قرن ۱۹ توسعه نیافت. در سال ۱۸۲۱ ناویر تحقیقات خود را بر روی معادلات کلی تعادل ارائه نمود و این تحقیقات بوسیله کوشی ادامه یافت که بر روی معادلات ارتجاعی اولیه مطالعه نمود و علامت گذاری تنش را در یک نقطه تعیین نمود. لیستی طولانی از دانشمندان مشهور و ریاضی‌دان که پیشرفت این تئوری را ادامه دادند شامل برنولی، لرد کلوین، پواسون، لامه، گرین، سنت-ونان، بتی، ایری، کیرشهف، رایلی، لاو، تیموشنکو، کولوسف، موسخلی‌شیلوی و دیگران می‌باشند.

در طول دو دهه پس از جنگ جهانی دوم، تحقیقات در زمینه الاستیسیته راه‌حل‌های تحلیلی زیادی را برای مسائل خاص جالب مهندسی ارائه نموده است. در طی سالهای ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ تلاش قابل توجهی بر روی روش‌های عددی با استفاده از تئوری اجزا محدود و مرزی صورت گرفته است. همچنین در طول این دوره زمانی، استفاده از تئوری الاستیسیته در مصالح پاد همسانگرد با کاربرد در مصالح مرکب معطوف شده بود. اخیراً الاستیسیته در مدلسازی میکرومکانیکی مصالح با ترک‌های داخلی یا ناهمگون به کار گرفته شده است.

احیا مجدد مکانیک پیوسته مدرن در سال‌های ۱۹۶۰ منجر به مروری بر اصول الاستیسیته گردیده و جایگاهی منطقی را برای این تئوری در چارچوب کلی فراهم نموده است. جزئیات تاریخی در این زمینه را در کتاب‌های تادهانتر و پیرسن، تاریخ تئوری الاستیسیته، لاو، رساله‌ای در زمینه تئوری ریاضی الاستیسیته و کتاب تیموشنکو، تاریخ مقاومت مصالح، می‌توان پیدا نمود.

تمرینات و پشتیبانی شبکه

اهمیت ویژه در خصوص این کتاب استفاده از تمرینات و وب سایت شبکه ناشر www.textbooks.elsevier.com می‌باشد. تمرینات زیادی در انتهای هر فصل به عنوان

تکلیف فراهم شده است تا دانشجویان را با موضوع الاستیسیته درگیر نماید. این تمرینات همچنین وسیله‌ای مناسب را برای مدرس فراهم می‌نمایند تا مثال‌های کاربردی بیشتری را در طول تدریس کلاسی ارائه نماید. بسیاری از بخش‌های این کتاب تمرینات خاصی را به مساله بخصوص که با جزئیات حل شده است ارجاع می‌دهند. تمریناتی که با نشان ستاره (*) مشخص شده‌اند، مسائلی که نیازمند روش‌های عددی و ترسیمی با استفاده از نرم‌افزار پیشنهاد شده *MATLAB* می‌باشند را بیان می‌نماید. راه‌حل تمامی تمرینات بصورت مستقیم بر روی شبکه سایت ناشر فراهم شده لذا کمک قابل ملاحظه‌ای را در تعیین مسائلی که بایستی برای تکالیف و مسائلی که بایستی در کلاس بحث شوند برای مدرسان فراهم می‌نماید. بعلاوه نرم‌افزار قابل دانلود *MATLAB* جهت کمک به دانشجویان و مدرسان در تهیه کدها برای استفاده خاص خودشان به منظور یک پارچگی محاسبات قابل دستیابی است.

باز خوانی

از آنجایی که نویسنده به شدت به پیشرفت آموزش در مهندسی علاقه‌مند است، مشتاقانه از بازتاب نظرات استفاده کنندگان از این کتاب استقبال می‌نماید. لطفاً بی‌تکلف نظرات و پیشنهادات سازنده یا اصلاحات خود را از طریق پست معمولی یا پست الکترونیکی (Sadd@egr.uri.edu) ارسال نمایید. احتمال دارد که یک چنین بازخوانی از این کتاب با استفاده از انجمن کاربران کتاب از طریق سایت الکترونیکی ناشر به اشتراک گذاشته شود.

قدردانی‌ها

افراد زیادی به خاطر کمک در تکمیل موفق این کتاب شایسته قدردانی می‌باشند. در ابتدا علاقه‌مندم تا از دانشجویان تحت تعلیم خود که در کلاس‌های الاستیسیته اینجانب حضور داشتند تشکر نمایم. آنها منبع پیوسته‌ای از پرسش‌ها و الهام بخش اینجانب بوده و یقیناً تلاش‌های مرا در یافتن راه بهتری در ارائه این مفاهیم تحت تاثیر قرار داده‌اند. تشکری ویژه را به دانشجوی منحصر بفرد خود خانم کوئینگلی دای که راه‌حل‌های تمرینات زیادی را به همراه غلطگیری به عهده داشته است اعلام می‌دارم. چندین تصویر فوتوالاستیک با دقت بسیار زیاد توسط آزمایشگاه دینامیک فتومکانیک (با سرپرستی پرفسور ارون شوکلا) تهیه شده است. از همکاری و حمایت کارکنان *Elsevier* قراوان سپاسگزاری می‌شود. اینجانب

همچنین علاقه‌مندم تا از حمایت موسسه دانشگاهی خود، دانشگاه رود ایلند به منظور دادن فرصت مطالعاتی به اینجانب در تکمیل اولین ویرایش این کتاب قدردانی نمایم. همانند ویرایش اول، این کتاب به پرفسور فقید ماروین استپس از دانشگاه الینویز به عنوان اولین فردی که به اینجانب لطافت و زیبایی این موضوع را نشان داد وقف می‌شود. نظم و ترتیب، فصاحت بیان و درک نامحدود و واضح او از الاستیسیته هرگز توسط دانشجویان ایشان فراموش نخواهد شد.

مارتین اچ. ساد

درباره نویسنده

مارتین ساد، پرفسور مهندسی مکانیک و مکانیک کاربردی در دانشگاه رود ایلند می‌باشد. ایشان، *Ph.D* خود را در مکانیک از انستیتوی تکنولوژی ایلینویز در سال ۱۹۷۱ دریافت نمود و سپس فعالیت علمی خود را در دانشگاه ایالتی می‌سی‌سی‌پی آغاز نمود. ایشان در سال ۱۹۷۹ به دانشگاه رود ایلند پیوست و به عنوان رئیس دانشکده از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۰ خدمت نمود. سابقه تدریس دکتر ساد در زمینه مکانیک جامدات با تأکید بر الاستیسیته، مکانیک محیط پیوسته، انتشار امواج و روش‌های محاسباتی می‌باشد. او الاستیسیته را در دو موسسه آکادمیک، چندین موسسه صنعتی و در یک آزمایشگاه دولتی تدریس نموده است.

تحقیقات ساد در حوزه مدل‌سازی کامپیوتری مصالح تحت شرایط بارگذاری استاتیکی و دینامیکی با استفاده از روش‌های اجزا محدود، مرزی و گسسته صورت گرفته است. بیشتر تحقیقات ایشان شامل مدل‌سازی میکرومکانیکی مصالح خاکی شامل خاکهای دانه‌ای، سنگ و بتن می‌باشد. ایشان بیش از هفتاد مقاله چاپ شده و تعداد زیادی ارائه مقاله در کنفرانس‌های ملی و بین‌المللی داشته است.

فهرست مطالب

بخش اول: مفاهیم و کار بردهای مقدماتی

۱۹	فصل اول: مقدمات ریاضی
۱۹	۱-۱ تعاریف اسکالر، بردار، ماتریس و تانسور
۲۱	۲-۱ نمایش اندیسی
۲۵	۳-۱ دلتای کرونکر و نماد تناوبی
۲۷	۴-۱ تبدیلات مختصات
۳۰	۵-۱ تانسورهای دکارتی
۳۳	۶-۱ مقادیر و جهات اصلی برای تانسورهای متقارن مرتبه دوم
۳۹	۷-۱ جبر برداری، ماتریس و تانسوری
۴۱	۸-۱ جبر تانسورهای دکارتی
۴۷	۹-۱ مختصات منحنی الخط متعامد

۶۱	فصل دوم: تغییر شکل: جابه‌جایی‌ها و کرنش‌ها
۶۱	۱-۲ تغییر شکل‌های کلی
۶۶	۲-۲ تفسیر هندسی تئوری تغییر شکل کوچک
۷۲	۳-۲ تبدیل کرنش
۷۴	۴-۲ کرنش‌های اصلی
۷۵	۵-۲ کرنش‌های کروی و انحرافی
۷۶	۶-۲ سازگاری کرنش
۸۳	۷-۲ مختصات منحنی الخط استوانه‌ای و کروی

۹۵	فصل سوم: تنش و تعادل
۹۵	۱-۳ نیروهای حجمی و سطحی
۹۷	۲-۳ بردار تنش و تانسور تنش

۱۰۲	۳-۳ تبدیل تنش
۱۰۳	۴-۳ تنش های اصلی
۱۰۸	۵-۳ تنش های کروی، انحرافی، هشت وجهی و ون میسر
۱۱۰	۶-۳ معادلات تعادل
۱۱۴	۷-۳ روابط در مختصات منحنی الخط استوانه ای و کروی
۱۲۷	فصل چهارم: رفتار مصالح - جامدات ارتجاعی خطی
۱۲۸	۱-۴ خصوصیات مصالح
۱۳۰	۲-۴ مصالح ارتجاعی خطی - قانون هوک
۱۳۶	۳-۴ مفهوم فیزیکی ضریب ارتجاعی
۱۴۱	۴-۴ روابط بنیادی ترموالاستیک
۱۴۹	فصل پنجم: فرمول بندی و راهبردهای حل
۱۵۰	۱-۵ مرور معادلات میدانی
۱۵۱	۲-۵ شرایط مرزی و طبقه بندی های مسائل بنیادی
۱۵۸	۳-۵ فرمول بندی بر حسب تنش
۱۶۰	۴-۵ فرمول بندی بر حسب جابه جایی
۱۶۳	۵-۵ اصل جمع آثار
۱۶۵	۶-۵ اصل سنت و نان
۱۶۶	۷-۵ راهبردهای کنی حل
۱۸۱	فصل ششم: انرژی کرنشی و اصول مرتبط
۱۸۲	۱-۶ انرژی کرنشی
۱۸۸	۲-۶ یکتایی مساله مقدار مرزی الاستیسیته
۱۸۹	۳-۶ حدود ثابت های ارتجاعی
۱۹۱	۴-۶ قضایای انتگرالی مرتبط

۱۹۴	۵-۶ اصل کار مجازی
۱۹۷	۶-۶ اصول حداقل انرژی پتانسیل و انرژی مکمل
۲۰۳	۷-۶ روش رایله-ریتز

۲۱۱	فصل هفتم: فرمول بندی دو بعدی
۲۱۱	۱-۷ کرنش صفحه‌ای
۲۱۶	۲-۷ تنش صفحه‌ای
۲۲۰	۳-۷ تنش صفحه‌ای تعمیم یافته
۲۲۳	۴-۷ کرنش پادصفحه
۲۲۵	۵-۷ تابع تنش ایری
۲۲۷	۶-۷ فرمول بندی در مختصات قطبی

۲۳۷	فصل هشتم: حل مساله دو بعدی
۲۳۷	۱-۸ حل با استفاده از چند جمله‌ای‌ها در مختصات دکارتی
۲۵۲	۲-۸ حل با استفاده از روش‌های فوریه در مختصات دکارتی
۲۶۳	۳-۸ حل کلی در مختصات قطبی
۲۶۷	۴-۸ نمونه حل‌های مختصات قطبی

۳۳۱	فصل نهم: کشش، پیچش و خمش استوانه‌های الاستیک
۳۳۱	۱-۹ فرمول بندی کلی
۳۳۳	۲-۹ فرمول بندی کشش
۳۳۴	۳-۹ فرمول بندی پیچش
۳۴۷	۴-۹ پاسخ‌های به دست آمده از معادله مرزی
۳۵۴	۵-۹ حل پیچش با استفاده از روش‌های فوریه
۳۶۰	۶-۹ پیچش استوانه‌های با مقاطع تو خالی
۳۶۴	۷-۹ محورها دایره‌ای با قطر متغیر

۳۶۷	۸-۹ فرمول بندی خمش برشی
۳۷۲	۹-۹ خمش برشی بدون پیچش

بخش دوم: کاربردهای پیشرفته

۳۸۵	فصل دهم: روش های متغیر مختلط
۳۸۵	۱-۱۰ مروری بر تئوری متغیر مختلط
۳۹۵	۲-۱۰ فرمول بندی مختلط مسائل الاستیسیته صفحه ای
۳۹۹	۳-۱۰ برآیند شرایط مرزی
۴۰۱	۴-۱۰ ساختار عمومی پتانسیل های مختلط
۴۰۴	۵-۱۰ مثال های از حوزه دایره ای
۴۱۱	۶-۱۰ مسائل صفحه و نیم صفحه
۴۱۷	۷-۱۰ کاربردهای استفاده از روش نگاشت همدیس
۴۲۳	۸-۱۰ کاربردهای مکانیک شکست
۴۲۸	۹-۱۰ روش وسترگاد برای تحلیل ترک

۴۳۷	فصل یازدهم: الاستیسیته پاد همسانگرد
۴۳۸	۱-۱۱ مفاهیم اولیه
۴۴۰	۲-۱۱ تقارن مادی
۴۴۸	۳-۱۱ محدودیت های مدول های الاستیک
۴۵۱	۴-۱۱ پیچش جسم جامد با یک صفحه تقارن مادی
۴۶۰	۵-۱۱ مسائل تغییر شکل صفحه ای
۴۷۸	۶-۱۱ کاربردهای مکانیک شکست

۴۹۷	فصل دوازدهم: ترمو الاستیسیته
۴۹۷	۱-۱۲ هدایت حرارت و معادله انرژی
۵۰۰	۲-۱۲ فرمول بندی کوپل نشده عمومی

۵۰۱	۳-۱۲ فرمول بندی دو بعدی
۵۰۵	۴-۱۲ راه حل پتانسیل جابجایی
۵۰۷	۵-۱۲ فرمول بندی تابع تنش
۵۱۱	۶-۱۲ فرمول بندی مختصات قطبی
۵۱۲	۷-۱۲ مسائل متقارن شعاعی
۵۱۸	۸-۱۲ روش های متغیرهای مختلط برای مسائل صفحه ای

فصل سیزدهم: پتانسیل های تغییر مکان و توابع تنش

۵۳۶	۱-۱۳ نمایش بردار هلمهولتز
۵۳۷	۲-۱۳ پتانسیل کرنشی لامه
۵۳۸	۳-۱۳ نمایش بردار گالرکین
۵۴۵	۴-۱۳ نمایش پاپکوویچ - نوبر
۵۵۰	۵-۱۳ فرمول بندی مختصات کروی
۵۵۷	۶-۱۳ توابع تنش

فصل چهاردهم: الاستیسیته نا همگن

۵۷۲	۱-۱۴ مفاهیم اساسی
۵۷۹	۲-۱۴ مساله صفحه ای یک حوزه استوانه ای توخالی تحت فشار یکنواخت
۵۸۶	۳-۱۴ مساله دیسک دوار
۵۹۴	۴-۱۴ نیروی نقطه ای بر روی سطح آزاد یک نیم فضا
۶۰۴	۵-۱۴ مسائل کرنش پادصفحه
۶۰۹	۶-۱۴ مساله پیچش

فصل پانزدهم: کاربردهای میکرو مکانیک

۶۳۱	۱-۱۵ مدل سازی نا به جایی
۶۳۶	۲-۱۵ حالت های تنش تکین

۶۴۹	۳-۱۵ تئوری الاستیسیته با ترک‌های توزع شده.....
۶۵۳	۴-۱۵ الاستیسیته ریزقطبی / کوپل تنش.....
۶۶۶	۵-۱۵ تئوری الاستیسیته با حفره‌ها.....
۶۷۴	۶-۱۵ مکانیک دوتایی.....

فصل شانزدهم: روش‌های عددی با اجزا محدود و مرزی..... ۶۸۹

۶۹۱	۱-۱۶ اصول روش اجزای محدود.....
۶۹۳	۲-۱۶ توابع تقریب ساز برای 'جزء' خطی مثلثی.....
۶۹۶	۳-۱۶ فرمول‌بندی کار مجازی برای 'الاستیسیته صفحه‌ای'.....
۷۰۲	۴-۱۶ کاربرد FEM در مسائل.....
۷۰۶	۵-۱۶ کاربردهای کد FEM.....
۷۱۲	۶-۱۶ فرمول‌بندی جز مرزی.....

پیوست‌ها:..... ۷۲۳

۷۲۳	پیوست الف: معادلات میدانی پایه در مختصات دکارتی، استوانه‌ای و کروی.....
۷۲۹	پیوست ب: تبدیل متغیرهای میدانی میان مولفه‌های دکارتی، استوانه‌ای و کروی.....
۷۳۳	پیوست پ: MATLAB مقدماتی.....
۷۵۰	پیوست ت: مرور مقاومت مصالح.....

واژه‌نامه (انگلیسی - فارسی)..... ۷۷۱