

الاستیسیته

تئوری، کاربردها و روش‌های عددی

www.ketaboo.ir

مارتین اچ. سِد

غلام‌رضا زارع‌پور سعید روحی گرکردی

عنوان و نام پدیدآورنده:	الاستیسیته: تئوری، کاربردها و روش‌های عملی / مارتین اچ. سد؛ [مترجمان] غلامرضا زارع‌پور، سعید روحی‌گرکردی.
مشخصات نشر:	تهران: همراه علم، ۱۳۹۵
مشخصات ظاهری:	۵۱۶ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۹۱۳۶۲-۵-۴
وضعیت فهرست نویسی:	فیا
یادداشت:	Elasticity: theory, applications, and numerics, 3rd ed اصلی
عنوان دیگر:	الاستیسیته نظری، کاربردی، محاسباتی.
موضوع:	ارتجاع (فیزیک)
موضوع:	Elasticity
شناسه افزوده:	Sadd, Martin H. (Martin Howard)
شناسه افزوده:	زارع‌پور، غلامرضا، ۱۳۴۵، مترجم
شناسه افزوده:	روحی‌گرکردی، سعید، ۱۳۶۳، مترجم
رده بندی کنگره:	۱۳۹۵ الف ۷ س/ QA۹۳۱۱
رده بندی دیویی:	۵۳۱.۸۲
شماره کتابشناسی ملی:	۴۳۸۰۷۹



آوندانش

الاستیسیته، تئوری، کاربردها و روش‌های عددی

موضوع: مهندسی مکانیک - الاستیسیته

نوشته‌ی مارتین اچ. سد

برگردان: غلامرضا زارع‌پور - ۱۳۴۵، سعید روحی‌گرکردی - ۱۳۶۳

تاریخ انتشار: تابستان - ۱۳۹۵ چاپ اول

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

چاپ و صحافی: چاپ دارا

نشانی ناشر: میدان ونک، خیابان خدای، پلاک ۳، واحد ۶۰۱

تلفن: ۴-۸۸۷۴۹۰۲ نمابر: ۵-۸۸۷۴۹۰۵

شابک: ۴-۵-۹۱۳۶۲-۶۰۰-۹۷۸

ناشر همکار: انتشارات آوندانش

قیمت: ۴۵۰۰۰ تومان

کلیه حقوق این کتاب نزد ناشر محفوظ است

سخن ناشر

در سراسر جهان، آنچه به عنوان کتاب درسی یا دانشگاهی (TEXTBOOK) معرفی می‌شود، مجموعه‌ای است که به منظور شناخت نظام‌مند، فراگیری دانش و کسب بینش لازم از یک موضوع یا مبحث نوشته یا گردآوری می‌شود، به طوری که خواننده‌ی آن مجموعه بتواند پس از خواندن و فراگیری مطالب نگارش‌یافته، درک درستی از موضوع یا مبحث مورد نظر به دست آورده و دانش و بینش فراگرفته را در جایگاه مناسب و مرتبط با موضوع به کار بندد. البته در بیشتر موارد، لازم است فراگیری این گونه مطالب، بنا به ضرورت و احتیاط، زیر نظر یک صاحب‌نظر و خبره صورت گیرد- فردی که در اکثر اوقات، جز یک مدرس یا استاد نمی‌تواند باشد.

امروزه، با توجه به گسترده‌گی کتاب‌های درسی/دانشگاهی که در حوزه‌ها و مباحث گوناگون، توسط نویسندگان و ناشران مختلف تهیه می‌شوند، نقش مدرسان و استادان در تعیین مرجع مناسب در اکثر نظام‌های آموزشی، بسیار اساسی است و خوانندگان این دسته از کتاب‌ها غالباً برای شناسایی کتاب درسی/دانشگاهی مربوط به حوزه‌ی "ماتم خود"، به این افراد رجوع می‌کنند. از طرف دیگر، مدرسان و استادان نیز تلاش می‌کنند با رصد جوامع دانشگاهی در سطح ملی و بین‌المللی، همواره از برترین و جدیدترین آثاری که در قالب کتاب‌های درسی یا دانشگاهی انتشار یافته‌اند، مطلع شوند. این کار، به طور معمول، از طریق شناسایی نویسندگان برتر و صاحب‌نظر در جامعه‌ی دانشگاهی و یا بررسی آثار ناشران فعال در حوزه‌ی نشر دانشگاهی صورت می‌گیرد. برپایه‌ی موارد مذکور، انتشارات "آوند دانش" و شرکت "همراه علم"، بر آن شدند تا در اقدامی مشترک، با ناشر بین‌المللی و معتبر ELSEVIER وارد توافق شده و کتاب‌های درسی/دانشگاهی این انتشارات را با خرید امتیاز ترجمه‌ی اثر به زبان فارسی، به صورت رسمی، به صورت رسمی ترجمه و منتشر نمایند. در این رهگذر، چارچوب و شرایط کلی زیر همواره مد نظر این دو ناشر قرار خواهد داشت:

- اولاً، کتاب درسی انتخاب‌شده برای ترجمه، از آثار شناخته‌شده و مطرح در جوامع دانشگاهی داخلی و خارج کشور باشد؛
 - ثانیاً، مترجمان کتاب در زمره‌ی مدرسان به‌نام و کارشناسان تراز اول حوزه‌ی مربوط باشند و
 - ثالثاً، تمامی کتاب‌های منتشرشده توسط این دو ناشر، از کیفیت مناسب در جنبه‌های مختلف (از جمله نحوه‌ی نگارش متن، کیفیت چاپ و سایر شرایط) برخوردار باشد تا مخاطبان این آثار، در درازمدت بتوانند این دو ناشر را به عنوان مرجعی قابل اطمینان برای تهیه‌ی کتاب‌های درسی و دانشگاهی بشناسند.
- موارد مذکور، به طور مشخص، می‌تواند اطمینان خواننده را از وفاداری مترجمان به اصل اثر نیز در پی داشته باشد. همچنین، بنا بر توافق صورت‌گرفته، این دو انتشارات همواره جدیدترین ویرایش از کتاب‌های درسی را برای ترجمه در اختیار خواهند داشت، به نحوی که نشر ترجمه‌ی فارسی اثر، (همانند کتاب حاضر) همزمان با انتشار نسخه‌ی انگلیسی آن صورت می‌گیرد.
- امید است با به‌کارگیری چنین تمهیداتی، بتوان آثار قابل قبول و با کیفیتی را به جامعه‌ی دانشگاهی فارسی‌زبانان ارائه کرد و به پشتوانه‌ی استقبال مخاطبان، به این کار تداوم و بهبود بخشید.

پیشگفتار

این کتاب برای دانشجویان رشته‌های مختلف مهندسی در مقاطع تحصیلات تکمیلی که قصد گذراندن درس الاستیسیته را دارند نوشته شده است. در ویراست سوم این کتاب که هم‌اکنون پیش رو دارید، تلاش خود برای ارائه تئوری الاستیسیته خطی در قالب یک مجموعه کامل و در عین حال موجز را ادامه داده‌ایم. سه ویژگی اساسی کتاب که همانا توسعه روابط تئوری، ارائه مسائل نوین و کاربردی مختلف، و استفاده از روشهای عددی برای درک بهتر مباحث تئوری است را گماکان حفظ کرده‌ایم. علاوه بر اصلاحات جزئی، چند مبحث جدید نیز به کتاب افزوده‌ایم. برای مثال، در فصل ۸ یک بخش جدید در خصوص فرمول‌بندی و حل مسائل ناهمبندی اضافه کرده‌ایم. مبحث جدید مسائل غیرایزوتروپیک با اورتوتروپی گروی را در فصل ۱۱ آورده‌ایم. و سرانجام، به کمک MATLAB در پیوست دج را بازنویسی کرده‌ایم و یک برنامه جدید نیز برای محاسبه و رسم تنشهای تماسی افزوده‌ایم.

در این ویراست، بیش از ۵۰ مسئله جدید اضافه کرده‌ایم که مجموع مسائل موجود در کتاب را به مرز ۴۱۰ رسانده است. این مجموعه کامل از مسائل می‌تواند توسط استاد برای بحث و بررسی در کلاس مورد استفاده قرار گیرد، یا به عنوان کار در منزل برای دانشجویان و یا طرح مسائلی به کار رود. در عین حال، برای کمک به درک بهتر مسائل، یک کتابچه شامل تشریح کامل مسائل کتاب در اختیار دانشجویان عزیز قرار خواهد گرفت.

کتاب الاستیسیته حاصل تدوین جزواتی است که سابقین شماری در آموزش دو درس متوالی در تئوری الاستیسیته به کار برده‌ام. قسمت اول این کتاب با عنوان «مبانی و مباحث مقدماتی»، برای تدریس در سالهای نخست مقطع کارشناسی ارشد در رشته‌ها و گرایشهای مختلف مهندسی طراحی شده است. هدف این قسمت از کتاب، مقدمه‌ای بر تئوری الاستیسیته، فرمول‌بندی و حل برخی از مسائل اساسی آن است. به این ترتیب، دانشجویان خواهند دید که چگونه و چرا مدل‌های اساسی الاستیسیته برای بیان تغییر شکل اجسام بایستی جایگزین حلیله‌ای مقدماتی مقاومت مصالح شوند. قسمت اول کتاب، یک زمینه مناسب برای مطالعات پیشرفته‌تر در زمینه‌های رشته مکانیک جامدات نیز به دست می‌دهد. اگرچه مباحث پیشرفته‌تر در قسمت دوم کتاب را برای یک دوره مجزا در سالهای آینده دوره‌های کارشناسی ارشد یا دوره‌های دکتری طراحی کرده‌ایم، اما بنا به صلاحدید اساتید و نیازهای احتمالی در پایان‌های انجام پروژه‌های درسی، برخی از مباحث برگزیده در قسمت دوم کتاب را می‌توان به سرفصل‌های قسمت اول افزود.

آنچه در خصوص تمایز این کتاب با سایر کتب الاستیسیته می‌توان گفت، این است که پس از سالها آموزش این درس در دانشکده‌های مهندسی مختلف ایالات متحده، صنایع وابسته و سازمانهای دولتی، به این نتیجه رسیده‌ام که اگرچه اصول اساسی الاستیسیته ثابت است، اما نیاز به تغییرات اصولی در شیوه‌های حل مسائل الاستیسیته، آشنایی بیشتر دانشجویان با مسائل کاربردی آن، ارتقاء روشهای حل عددی-کامپیوتری مسائل، و نیازهای جدید در آموزش علوم مهندسی، من را بر آن داشت که رویکردهای جدیدی را در آموزش این درس به کار بگیرم. با بررسی کتب درسی موجود در زمینه الاستیسیته، دریافتم که تمامی آنها از یکی از کمبودهای زیر رنج می‌برند: ارائه مختصر و سازمان یافته مباحث تئوری، چهارچوب‌های مناسب برای مقاصد آموزشی، مسائل کاربردی نوین، و شیوه‌های عددی نمایش به منظور درک بهتر پاسخ مسئله.

عنوان «الاستیسیته: تئوری، کاربردها و روشهای عددی»، بیانگر ساختار ارائه مطالب در این کتاب است. از آنجا که مباحث تئوری، سنگ‌بنای علم الاستیسیته است، بایستی ابتدا یک شیوه کارآمد برای استخراج روابط تئوری با دقت کافی ارائه کنیم تا دانشجویان بتوانند به کمک آن، پاسخ طیف گسترده‌ای از مسائل را بیابند. در این کتاب سعی کرده‌ایم که

استخراج روابط تئوری را به شیوه‌ای سازمان یافته و موجز صورت دهیم تا توجه دانشجویانی که به مباحث ریاضی محض تمایل کمتری دارند از دست نرود و علاقه آنها به مسائل کاربردی حفظ شود. با در نظر داشتن یک هدف اولیه برای حل مسائل با کاربردهای مهندسی، در این کتاب به حل مسائل کاربردی زیادی در عرصه‌های جدید شامل مواد مرکب، غیرایزوتروپیک، مواد تلفیقی با شیب تغییرات هدفمند، مکانیک شکست، مدل‌سازی میکرومکانیکی، مسائل ترموالاستیک، و روشهای محاسباتی اجزاء محدود و اجزاء مرزی می‌پردازیم. برای این منظور، تعداد زیادی مثال حل شده و شمار فراوانی مسئله در انتهای هر فصل طراحی شده است.

یکی از ویژگیهای منحصر به فرد این کتاب، کاربرد یکپارچه روشهای عددی در سراسر فصول آن است. با این رویکرد که کاربرد مباحث تئوری را بهتر است در قالب محاسبات و نمودارها به نمایش گذاشت، از نرم افزار $\text{MATLAB}^{\circledR}$ برای برنامه‌نویسی و رسم نمودارها بهره گرفته‌ایم. در سراسر کتاب، از این نرم افزار برای کاربردهایی مانند تبدیلهای تنش و کرنش، محاسبه و رسم نمودارهای توزیع تنش و جابجایی، محاسبات اجزاء محدود، و مقایسه بین پاسخهای تحلیلی و عددی حاصل از تئوری، مقاومت مصالح و تئوری الاستیسته استفاده کرده‌ایم. با ارزیابی‌های عددی و ترسیمی، مسائل کاربردی را می‌توان برای دانشجویان آموزنده‌تر و جذابتر کرد.

سازماندهی اصول کتاب

قسمت اول این کتاب به فرمول‌بندی و کاربردهای مقدماتی اختصاص دارد. در فصل ۱ با عنوان «مقدمات ریاضی»، یک پیش زمینه ریاضی که مسایر فرمول‌بندی مباحث تئوری الاستیسته است را ارائه کرده‌ایم. در این فصل، علاوه بر مرور تئوری میدانهای اسکالر، برداری و تانسوری، بحث نمادگذاری تانسوری در مختصات دکارتی که در سراسر کتاب به کار خواهیم برد را نیز معرفی می‌کنیم. فصل ۲، عنوان «تغییر شکل: جابجایی‌ها و کرنش‌ها»، به تحلیل کرنش و جابجایی در چهارچوب تغییر شکلهای کوچک می‌پردازد. فصل ۳، عنوان «مفهوم سازگاری کرنش را نیز ارائه خواهیم کرد. در فصل ۳ با عنوان «تنش و تعادل»، به بحث پیرامون نیروها، تنشها، مفهوم تعادل، و خطوط تراز تنش پرداخته‌ایم. در فصل ۴، «رفتار مکانیکی مواد: جامدات الاستیک خطی، رفتار مواد الاستیک خطی که منجر به قانون تعمیم یافته «هوک» می‌شود مورد بررسی قرار گرفته است. در این فصل به طور خلاصه به ارائه مدلهایی برای مواد ناهمگن، غیرایزوتروپیک و معادلات ساختاری ترموالاستیک نیز پرداخته‌ایم. البته در فصلهای بعد، این مدلها، تحلیل مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

در فصل ۵، «فرمول‌بندی و روشهای حل مسائل»، پس از جمع‌بندی مدلهایی که در فصول قبل به دست آوردیم، مسائل اساسی مقدار مرزی در تئوری الاستیسته را فرمول‌بندی می‌کنیم و مباحث مربوط به شرایط مرزی مناسب در الاستیسته را به تفصیل بیان می‌نماییم. فرمول‌بندیهای جابجایی و تنش را تدوین می‌کنیم و راهبردهایی برای حل مسائل را بیان می‌نماییم. این یک فصل مهم برای دانشجویان است تا بتوانند مباحث تئوری در فصول قبل را یکجا در کنار هم بیآورند. در فصل ۶، با عنوان «انرژی کرنشی و اصول مربوط به آن»، مباحثی مانند قضیه اثر متقابل، کار مجازی، و اصول انرژی پتانسیل کمینه و انرژی مکمل کمینه ارائه شده است. در فصل ۷، «فرمول‌بندی دوبعدی مسائل الاستیسته»، فرمول‌بندی دوبعدی مسائل کرنش صفحه‌ای، تنش صفحه‌ای و کرنش پادصفحه مورد بررسی قرار گرفته است. در فصل ۸، «حل مسائل دوبعدی»، یک مجموعه کامل از حل مسائل دوبعدی خاص ارائه شده است، و پاسخ بسیاری از این مسائل توسط نرم افزار MATLAB به صورت نمودار به نمایش در آمده است. در فصل ۹، «کشش، پیچش، خمش و برش استوانه‌های الاستیک»، حل تحلیلی مسائل کشش، پیچش، خمش و برش ادامه می‌یابد.

مطالب قسمت اول کتاب، یک مبنای منطقی و منظم برای آموزش درس الاستیسته مقدماتی در طی یک نیمسال در اختیار مدرسین قرار می‌دهد. البته همانگونه که پیشتر نیز گفتیم، بنا به صلاحدید اساتید و نیازهای احتمالی در راستای انجام پروژه‌های درسی، برخی از مباحث برگزیده در قسمت دوم کتاب را می‌توان به سرفصلهای قسمت اول افزود.

قسمت دوم کتاب که به مطالب پیشرفته تر اختصاص دارد، معمولاً در یک دوره تکمیلی در سالهای آخر مقطع کارشناسی ارشد یا دکتری تدریس می شود. در فصل ۱۰، روش کارآمد متغیرهای مختلط برای حل مسائل صفحه ای به همراه کاربردهای متعدد مکانیک شکست ارائه شده است. در فصل ۱۱ با عنوان «الاستیسته مواد غیرایزوتروپیک»، تئوری مواد ایزوتروپیک را برای رفتار جامدات غیرایزوتروپیک با تأکید بر مواد مرکب تعمیم می دهیم. در این فصل، مثالهایی نیز در ارتباط با مکانیک شکست ارائه شده است. غیرایزوتروپی منحنی الخط شامل اورتوتروپی استوانه ای و گزوی را نیز در این فصل آورده ایم تا به کمک آنها برخی از پاسخهای اساسی مسائلی با این نوع ساختار را به دست آوریم.

در فصل ۱۲، مقدمه ای بر ترمو الاستیسته آمده است و برخی مسائل کاربردی خاص شامل مسائل تمرکز تنش و ترک مورد بررسی قرار گرفته اند. در فصل ۱۳، روشهای پتانسیل شامل پتانسیلهای جابجایی و توابع تنش ارائه شده است. این روشها را برای حل برخی از مسائل سه بعدی الاستیسته به کار برده ایم.

فصل ۱۴ به الاستیسته ناهمگن اختصاص دارد. به جرأت می توان گفت که این فصل در میان کتابهای الاستیسته موجود، منحصر به فرد است. پس از یک مرور اجمالی بر فرمول بندیهای تئوری در این فصل، برخی پاسخهای دوبعدی به همراه نمودارهایی که حالتها را با یکدیگر مقایسه می کنند ارائه شده است. در فصل ۱۵، یک مجموعه متمایز از مسائل کاربردی الاستیسته شامل مایکرو مکانیک ارائه شده است که از آن جمله می توان به مدلسازی نابجایی، حالت تنش تکین، جامدات با تئری توزیع شده، ریز قطبی، حفره های توزیع شده، و تئوری مکانیک دوتایی اشاره کرد.

در فصل ۱۶، یک معرفی کوتاه در خصوص روشهای عددی اجزاء محدود و اجزاء مرزی ارائه شده است. اگر چه تنها به تئوری دوبعدی پرداخته ایم، اما نتایج حاصل از حل عددی برخی مسائل نمونه، امکان یک مقایسه جذاب برای مسائلی که در فصلهای قبل به روشهای تحلیلی به دست آوریم را فراهم می کند.

ویراست سوم کتاب الاستیسته شامل چهار پیوست است. پیوست «الف» شامل خلاصه ای از معادلات اساسی میدان، پیوست «ب» شامل تبدیل روابط در دستگاه های مختصات استوانه ای و گزوی، پیوست «ج» شامل مقدمه ای بر نرم افزار MATLAB، و سرانجام پیوست «د» مروری بر مقاومت مصالح مقدماتی است.

تئوری الاستیسته چیست؟

الاستیسته یک موضوع جذاب و جالب است که به تعیین توزیع تنش، کرنش و جابجایی در یک جسم جامد الاستیک که تحت بارهای خارجی قرار دارد می پردازد. با فرض خطی و کوچک بودن تغییر شکل، فرمول بندی مسئله منجر به یک مدل ریاضی می شود که امکان حل مسائلی که دارای کاربردهای علمی و مهندسی هستند را به دست می دهد.

- کاربردهای الاستیسته در مهندسی عمران شامل تحلیل تنش و تغییر شکل سازه هایی مانند میل، تیر، و ستون و پوسته هاست. از کاربردهای دیگر آن می توان به ژئو مکانیک که به تحلیل تنش در موادی مانند خاک، سنگ، بتن و آسفالته می پردازد اشاره کرد.
- کاربرد الاستیسته در مهندسی مکانیک شامل مسائل بیشمار در تحلیل و طراحی اجزاء ماشین است. این مسائل عبارتند از تحلیل های کلی تنش، تحلیل تنشهای تماسی، تحلیل تنشهای حرارتی، مکانیک شکست و خستگی.
- کاربردها در مهندسی هوافضا شامل تحلیل تنش، شکست، و خستگی در سازه های هوایی است.

علم الاستیسته می تواند برای تحقیقات پیشرفته تر در رفتار غیرالاستیک مواد (شامل پلاستیسته و ویسکوالاستیسته) و مطالعه تحلیل تنش محاسباتی به روشهای اجزاء محدود و اجزاء مرزی نیز کاربرد داشته باشد.

تئوری الاستیسته، یک مدل ریاضی برای مسائل تغییر شکل به دست می دهد که مستلزم دانش ریاضی برای درک فرمول بندی و فرایند حل مسئله است. یافتن معادلات دیفرانسیل میدانی یا مشتقات جزئی حاکم بر مسئله با استفاده از اصول اساسی مکانیک محیط های پیوسته که معمولاً با زبان برداری و تانسوری فرمول بندی می شوند صورت می گیرد. از شیوه هایی که کار رفته در حل این معادلات میدانی می توان به روش «فوریه»، حساب تغییرات، تبدیلهای انتگرالی،

متغیرهای مختلط، تئوری پتانسیل، تفاضلهای محدود و اجزاء محدود اشاره کرد. از آنجا که آموزش درس الاستیسیته نیازمند دانش کافی در زمینه‌های فوق‌الذکر است، در سراسر کتاب نیز به مرور بسیاری از این مباحث ریاضی پرداخته‌ایم. در ضمن، مراجع متعددی نیز برای مطالعه بیشتر، معرفی شده‌اند. لازم است که دانشجویان با مطالعه این پیش‌نیازهای ریاضی، خود را برای درک مباحث تئوری آماده کنند. در غیر این صورت، در فهم جزئیات فرمول‌بندی دچار مشکل خواهند شد. البته با تأکید بر کاربردها، توجه خود را معطوف به جنبه‌هایی از مباحث تئوری می‌کنیم که در حل مسائل سودمند باشند.

مفهوم رابطه «نیرو-تغییر شکل» الاستیک برای نخستین بار توسط «روبرت هوک» در سال ۱۶۷۸ ارائه شد. با این وجود، چهارچوب اصلی فرمول‌بندی تئوری الاستیسیته در قرن بیستم شکل گرفت. در سال ۱۸۲۱ «ناویر» تحقیقات خود بر روی معادلات کلی تعادل را ارائه کرد. این تحقیقات بلافاصله توسط «کوشی» دنبال شد. «کوشی» معادلات اساسی الاستیسیته را به دست آورد و مفهوم تنش در یک نقطه را بنیان نهاد. فهرست بلندی از دانشمندان و ریاضی‌دانان از جمله «برنولی»، «لرد کلوین»، «پواسون»، «لامه»، «گرین»، «سنت ونانت»، «بتی»، «ایری»، «کیرشهف»، «رایلی»، «لاو»، «تیموشنکو» و «کولوشف» دیگران به توسعه تئوری الاستیسیته ادامه دادند.

در طی دو دهه پس از جنگ جهانی دوم، تحقیقات الاستیسیته منجر به حل تحلیلی شمار زیادی از مسائل خاص مهندسی شد. رده‌های ۷ و ۱۹۸۰، تحقیقات چشمگیری بر روی روشهای عددی با استفاده از تئوری اجزاء محدود و اجزاء مرزی صورت گرفت. در طی این دوره، تحقیقات کاربردی الاستیسیته به مواد ایزوتروپیک برای مطالعه مواد مرکب گرایش پیدا کرد. در سالهای اخیر، «استیسیته» در مدلسازی ریزساختارهای داخلی مواد، مواد نامتجانس، مواد ناهمگن و مواد تلفیقی با شیب تغییرات هندسی (FGM) کاربرد فراوانی پیدا کرده است.

تولد دوباره مکانیک محیط‌های پیوسته در سال ۱۹۶۰ منجر به بازنگری اصول الاستیسیته شد و یک جایگاه منطقی برای این تئوری در چهارچوب کلی علم بنیان‌های مهندسی تأسیس گردید. این کتاب علم الاستیسیته را می‌توانید در مراجع مربوطه پیدا کنید.

کاربرد نرم افزار MATLAB در حل مسائل کتاب

از نکات ویژه در رابطه با این کتاب می‌توان به استفاده از «نرم افزار» MATLAB اشاره کرد. در انتهای هر فصل تعداد زیادی مسئله وجود دارد که می‌توانند توسط «نرم افزار» MATLAB برای بحث و بررسی در کلاس مورد استفاده قرار گیرند، یا به عنوان کار در منزل برای دانشجویان و یا طرح سئوالات امتحان. کار روند، در بسیاری از بخشهای کتاب به مسائل خاصی اشاره کرده‌ایم که به جزئیات یک مسئله خاص پرداخته‌اند. مسائل ده، علامت ستاره (*) مشخص شده‌اند، نیازمند روشهای حل عددی و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار پیشنهادی MATLAB هستند. با این وجود، توجه داشته باشید که از سایر نرم افزارها نیز می‌توان برای تحلیل عددی و رسم نمودارها نیز استفاده کرد. برای ارائه فصلهای ۱ تا ۹، مجموعه‌ای از اسلایدهای PowerPoint ویژه اساتید طراحی شده است که می‌توانید در پایگاه اینترنتی کتاب با آدرس www.textbooks.elsevier.com پیدا کنید. این اسلایدها شامل تصاویر کتاب و خلاصه‌ای از معادلات اساسی است که برای تدریس در کلاس می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. علاوه بر این، کتابچه‌ای در دو جلد تدوین شده است که شامل تشریح تمامی مسائل کتاب می‌باشد، که جلد اول شامل مسائل قسمت اول (فصلهای ۱ تا ۹) و جلد دوم آن شامل مسائل قسمت دوم (فصلهای ۱۰ تا ۱۶) است.

در پایان، مترجم کتاب بر خود لازم می‌داند که از آقایان مهندس محسن جعفرپور و مهندس سید محمد نامی میر محمد صادقی که در تدوین کتاب کمک شایانی نمودند صمیمانه تشکر کند.

اگرچه تلاش فراوانی شد که مجموعه‌ای کامل و کم نقص ارائه شود، اما بی‌شک انتقادات و ایرادهای زیادی می‌تواند به کار وارد شود که از شما اساتید محترم، دانشجویان عزیز و دیگر خوانندگان گرامی تقاضا دارم که دیدگاه‌ها و انتقادهای خود را در جهت اصلاح و ارتقاء کار با ما در میان بگذارید.

فهرست مطالب

قسمت اول: مبانی و مباحث مقدماتی

مقدمات ریاضی

فصل ۱

۳	تعریف اسکالر، بردار، ماتریس و تانسور	۱-۱
۴	نمادگذاری اندیسی	۲-۱
۷	دلتای «کرونیکر» و نماد تناوب	۳-۱
۸	تایلهای دستگاههای مختصات	۴-۱
۹	تانسورهای دکارتی	۵-۱
۱۲	مقادیر اصلی و جهت‌های اصلی برای تانسورهای مرتبه دوم متقارن	۶-۱
۱۵	بر بردار، ماتریسها و تانسورها	۷-۱
۱۶	حاصل تانسورهای کارتزین	۸-۱
۲۰	مختصات منحنی، خط و تعامد	۹-۱
۲۵	مراجع	
۲۵	مسائل	

تغییر شکل: جایجایی‌ها و کرنشها

فصل ۲

۲۹	تغییرشکلهای کلی	۱-۲
۳۲	توصیف هندسی تئوری تغییرشکلهای کوچک	۲-۲
۳۶	تبدیل کرنش	۳-۲
۳۷	کرنشهای اصلی	۴-۲
۳۸	کرنشهای گزوی و انحرافی	۵-۲
۳۸	سازگاری کرنش	۶-۲
۴۲	مختصات منحنی الخط استوانه‌ای و گزوی	۷-۲
۴۴	مراجع	
۴۴	مسائل	

تنش و تعادل

فصل ۳

۴۹	نیروهای حجمی و سطحی	۱-۳
۵۰	بردار کشش و تانسور تنش	۲-۳
۵۳	تبدیل تنش	۳-۳
۵۴	تنشهای اصلی	۴-۳
۵۷	تنشهای گزوی، انحرافی، هشت وجهی و «فون مایز»	۵-۳

۵۸	توزیع تنش و خطوط تراز تنش	۶-۳
۶۰	معادلات تعادل	۷-۳
۶۳	معادلات تعادل در دستگاه مختصات منحنی الخط استوانه‌ای و کروی	۸-۳
۶۵	مراجع	
۶۶	مسائل	

فصل ۴

رفتار مکانیکی مواد: جامدات الاستیک خطی

۷۱	بیان رفتار مکانیکی مواد	۱-۴
۷۳	مواد الاستیک خطی و قانون «هوک»	۲-۴
۷۶	مفهوم فیزیکی مدول‌های الاستیک	۳-۴
۷۹	روابط ساختاری ترموالاستیک	۴-۴
۸۰	مراجع	
۸۰	مسائل	

فصل ۵

فرمول‌بندی و روشهای حل مسائل

۸۵	مروری بر معادلات میانی	۱-۵
۸۶	شرایط مرزی و دسته‌بندی مسائل	۲-۵
۹۰	فرمول‌بندی تنش	۳-۵
۹۲	فرمول‌بندی جابجایی	۴-۵
۹۳	صل «برهم‌نهی»	۵-۵
۹۴	اصل «سنت و نانت»	۶-۵
۹۵	راهبردهای کلی حل مسائل	۷-۵
۱۰۱	مراجع	
۱۰۲	مسائل	

فصل ۶

انرژی کرنشی و اصول مربوط به آن

۱۰۷	انرژی کرنشی	۱-۶
۱۱۱	یکتایی مسئله مقدار مرزی الاستیسیته	۲-۶
۱۱۲	محدوده ثابتهای الاستیک	۳-۶
۱۱۳	قضایای انتگرالی در تئوری کار و انرژی	۴-۶
۱۱۵	اصل کار مجازی	۵-۶
۱۱۷	اصول انرژی پتانسیل کمینه و انرژی مکمل کمینه	۶-۶
۱۲۰	روش «ریلی-ریتز»	۷-۶
۱۲۳	منابع	
۱۲۳	مسائل	

فرمول‌بندی دو بُعدی مسائل الاستیسیته

فصل ۷

۱۲۷	۱-۷	کرش صفحه‌ای
۱۳۰	۲-۷	تنش صفحه‌ای
۱۳۲	۳-۷	تنش صفحه‌ای تعمیم یافته
۱۳۴	۴-۷	کرش پلاصفحه
۱۳۵	۵-۷	تابع تنش «ایری»
۱۳۶	۶-۷	فرمول‌بندی مسائل تنش و کرش صفحه‌ای در مختصات قطبی
۱۳۸		مراجع
۱۳۸		مسائل

حل مسائل دو بُعدی

فصل ۸

۱۴۳	۱-۸	حل مسائل مرتب‌شده در دستگاه مختصات دکارتی با استفاده از چند جمله‌ای‌ها
۱۵۲	۲-۸	حل مسائل الاستیسیته در مختصات دکارتی با استفاده از روشهای «فوری»
۱۵۹	۳-۸	روشهای کلی حل مسائل الاستیسیته در دستگاه مختصات قطبی
۱۶۱	۴-۸	مثالهایی از حل مسائل الاستیسیته در دستگاه مختصات قطبی
۱۹۰	۵-۸	مسائل تماس صفحه‌ای ساده
۱۹۵		مراجع
۱۹۶		مسائل

کشش، پیچش، خمش و برش استوانه‌های الاستیک

فصل ۹

۲۱۲	۱-۹	فرمول‌بندی کلی
۲۱۲	۲-۹	فرمول‌بندی مسئله کشش
۲۱۳	۳-۹	فرمول‌بندی مسئله پیچش
۲۲۱	۴-۹	روش معادله مرزی برای حل مسائل پیچش
۲۲۶	۵-۹	حل مسائل پیچش با استفاده از روشهای «فوری»
۲۳۰	۶-۹	پیچش استوانه‌های تو خالی
۲۳۲	۷-۹	پیچش شاقتهای دایره‌ای با قطر متغیر
۲۳۴	۸-۹	فرمول‌بندی مسئله برش
۲۳۸	۹-۹	حل مسائل برش بدون وجود اثرات پیچش
۲۴۱		مراجع
۲۴۲		مسائل

قسمت دوم: مباحث پیشرفته

روشهای متغیرهای مختلط

فصل ۱۰

۲۵۱	۱-۱۰	مروری بر تئوری متغیرهای مختلط
۲۵۷	۲-۱۰	فرمول بندی مسائل صفحه‌ای الاستیسیته
۲۶۰	۳-۱۰	شرایط مرزی برآیند
۲۶۱	۴-۱۰	ساختار کلی توابع پتانسیل مختلط
۲۶۳	۵-۱۰	مثالهایی از دامنه دایره‌ای
۲۶۷	۶-۱۰	مسائلی با دامنه تمام صفحه و نیم صفحه
۲۷۱	۷-۱۰	کاربردهای روش نگاشت همدیس
۲۷۵	۸-۱۰	کاربرد مسائل ترک در تئوری مکانیک شکست
۲۷۸	۹-۱۰	روش «وسترگارد» برای تحلیل ترک
۲۷۹		مراجع
۲۸۰		مسائل

الاستیسیته مواد غیرایزوتروپیک

فصل ۱۱

۲۸۵	۱-۱۱	مفاهیم اساسی در شریخ ساختار مواد غیرایزوتروپیک
۲۸۷	۲-۱۱	تقارن ماده
۲۹۲	۳-۱۱	محدودیت‌های مربوط به مدولاسیون
۲۹۴	۴-۱۱	پیش‌اجسام جامدی که دارای یک صفحه تقارن ساختاری هستند
۲۹۹	۵-۱۱	مسائل تغییر شکل صفحه‌ای
۳۱۰	۶-۱۱	کاربردهای تحلیل غیرایزوتروپیک در مکانیک سازه‌های مرکب
۳۱۳	۷-۱۱	مواد غیرایزوتروپیک منحنی الخط
۳۱۹		مراجع
۳۲۰		مسائل

ترموالاستیسیته

فصل ۱۲

۳۲۵	۱-۱۲	رسانش حرارتی و معادله انرژی
۳۲۷	۲-۱۲	فرمول بندی مسئله رسانش غیرپیوندی
۳۲۷	۳-۱۲	فرمول بندی دو بُعدی
۳۳۰	۴-۱۲	حل مسائل ترموالاستیسیته به روش توابع پتانسیل جابجایی
۳۳۱	۵-۱۲	فرمول بندی تابع تنش در حل مسائل ترموالاستیسیته
۳۳۴	۶-۱۲	فرمول بندی معادلات ترموالاستیسیته در مختصات قطبی
۳۳۴	۷-۱۲	مسائل متقارن شعاعی
۳۳۸	۸-۱۲	روش متغیرهای مختلط برای حل مسائل صفحه‌ای ترموالاستیسیته
۳۴۵		مراجع
۳۴۵		مسائل

کاربرد پتانسیلهای جابجایی و توابع تنش در حل مسائل سه بُعدی

فصل ۱۳

۲۴۹	نمایش بردار جابجایی «هلمهولتز»	۱-۱۳
۲۵۰	تابع پتانسیل کرنش «لامه»	۲-۱۳
۲۵۱	نمایش بردار «گالرکین»	۳-۱۳
۲۵۵	نمایش «پاپکویچ-نوبر»	۴-۱۳
۲۵۸	فرمول بندی مختصات گروی	۵-۱۳
۲۶۲	توابع تنش	۶-۱۳
۲۶۴	مراجع	
۲۶۵	مسائل	

الاستیسیته مواد ناهمگن

فصل ۱۴

۲۷۱	مفاهیم اساسی	۱-۱۴
۲۷۶	تنشهای صفحه‌ای در یک استوانه توخالی تحت فشارهای یکنواخت	۲-۱۴
۲۸۱	مسئله دیسک چرخان	۳-۱۴
۲۸۵	نیروهای نقطه‌ای وارد بر سطح یک جسم نیمه نامتناهی	۴-۱۴
۲۹۲	مسائل کرنش پادصفحه	۵-۱۴
۲۹۶	مسئله پیچش	۶-۱۴
۴۰۱	مراجع	
۴۰۳	مسائل	

کاربرد تئوری میکرومکانیک در حل مسائل الاستیسیته

فصل ۱۵

۴۱۰	مدلسازی نابجایی	۱-۱۵
۴۱۳	حالتهای تنش تکین	۲-۱۵
۴۲۱	تئوری الاستیسیته با ترکهای توزیع شده	۳-۱۵
۴۲۴	الاستیسیته ریزقطبی و تئوری «کوپل-تنش»	۴-۱۵
۴۳۱	تئوری الاستیسیته برای تحلیل مواد با حفره‌های توزیع شده	۵-۱۵
۴۳۶	مکانیک دوتایی	۶-۱۵
۴۴۰	مراجع	
۴۴۲	مسائل	

روشهای عددی اجزاء محدود و اجزاء مرزی

۴۴۶	۱-۱۶	مبانی روش اجزاء محدود (FEM)
۴۴۷	۲-۱۶	توابع تقریبی برای اجزاء مثلثی خطی دو بُعدی
۴۴۹	۳-۱۶	فرمول‌بندی کار مجازی برای استخراج معادلات الاستیسیته صفحه‌ای
۴۵۲	۴-۱۶	کاربرد روش اجزاء محدود در حل مسائل الاستیسیته
۴۵۵	۵-۱۶	کاربرد نرم‌افزارهای روش اجزاء محدود در حل مسائل الاستیسیته
۴۵۹	۶-۱۶	فرمول‌بندی روش اجزاء مرزی (BEM)
۴۶۵		مراجع
۴۶۵		مسائل

پیوست‌ها

۴۶۹	پیوست «الف» معادلات اساسی میدانی
۴۶۹	روابط «کردن» - «باجای»
۴۷۰	معادلات تعادل
۴۷۱	قانون «هوک»
۴۷۲	معادلات تعادل برحسب «باجایی» (معادلات ناویر)
۴۷۳	پیوست «ب»: تبدیل متغیرهای میدانی در دستگاه‌های مختصات مختلف
۴۷۳	تبدیل مختصات دکارتی به استوانه‌ای
۴۷۴	تبدیل مختصات استوانه‌ای به کروی
۴۷۴	تبدیل مختصات دکارتی به کروی
۴۷۷	پیوست «ج»: مقدمه‌ای بر نرم افزار MATLAB
۴۷۷	ج-۱ آغاز کار با نرم افزار MATLAB
۴۷۹	ج-۲ آموزش نرم افزار MATLAB به روش ارائه مثال
۴۹۱	پیوست «د»: مروری بر مقاومت مصالح
۴۹۲	د-۱ تغییر شکل کششی میله‌ها و تیرها
۴۹۲	د-۲ پیچش میله‌های با سطح مقطع دایره
۴۹۳	د-۳ تغییر شکل خمشی تیرها تحت اثر گشتاورها و نیروهای برشی
۵۰۰	د-۴ تیرهای خمیده
۵۰۲	د-۵ مخازن استوانه‌ای جدارنازک تحت فشار