

بر نام خدا

# مقدمه ای بر دینامیک سازه و آیرودالاستیسیته

مترجمین:

دکتر عباس مزیدی

(استادیار دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه یزد)

دکتر سید احمد فاضل زاده حقیقی

(استاد دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه شیراز)

۱۳۹۶

سرشناسه: هاجز، دیوئی اچ، ۱۹۴۸ - م.

Hodges, Dewey H.

عنوان و نام پدید آورنده: مقدمه‌ای بر دینامیک سازه و آیروالاستیسیت/ [دیوئی اچ. هاجز، جی. آلوین پی‌یرس] مترجمین: عباس مزیدی، سیداحمد فاضل زاده حقیقی.

مشخصات نشر: تهران: پژوهشی نوآوران شریف: ندای سبز شمال ۱۳۹۴

مشخصات ظاهری: ۲۹۶ ص: مصور، جدول، نمودار.

شابک: 978-600-5953-59-6

وضعیت فهرست نویسی: فیا

یادداشت: عنوان اصلی: Introduction to Structural Dynamics and Aeroelasticity, 2nd ed, 2011.

یادداشت: واژه‌نامه.

موضوع: فضاییماها -- دینامیک

موضوع: آیروالاستیسیت

شناسه افزوده: پی‌یرس، جی. آلوین

شابک افزوده: Pierce, G. Alvin

شناسه افزوده: فاضل زاده حقیقی، سیداحمد، ۱۳۴۶ -

شناسه افزوده: مزیدی، عباس، ۱۳۵۸ -

رده بندی کنگره: TL۶۷۱/۶۴۰۷۱۳۳

رده بندی دیویی: ۶۲۹/۱۳۴۳۱

شماره کتابشناسی ملی: ۳۷۲۰۷۶۶



تهران- انقلاب- خیابان جمال زاده جنوبی- بعد از جمهوری- خیابان

چنگیزی- خیابان زمین قدم- بن بست مهربان- پلاک ۲۱- واحد ۱

همراه: ۰۹۱۹۱۹۲۵۷۳-۰۹۱۲۳۰۱۷۶۱۶



نشر پژوهشی  
نوآوران شریف

عنوان کتاب: مقدمه‌ای بر دینامیک سازه و آیروالاستیسیت

مترجمین: دکتر عباس مزیدی - دکتر سیداحمد فاضل زاده حقیقی

ناشر: پژوهشی نوآوران شریف

ناشر همکار: ندای سبز شمال

نوبت چاپ: اول ۱۳۹۴

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

لینوگرافی: دانشجو

چاپ: دانشجو

قیمت: ۳۰۰۰۰۰ ریال

برای کسب اطلاعات بیشتر از این مجموعه به آدرس سایت زیر مراجعه فرمایند.

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

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب برای انتشارات نوآوران شریف محفوظ است و هیچ شخص حقیقی یا حقوقی حق چاپ و نشر تمام یا بخشی از این اثر را بدون موافقت کتبی ناشر به هر صورت اعم از فتوکپی، پل‌کپی، جزوه و ... ندارد و متخلفین به موجب بند ۵ ماده ۲ قانون حمایت از ناشرین مصوب مجلس محترم شورای اسلامی تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

(نشر پژوهشی نوآوران شریف)

## فهرست مطالب

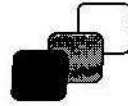
| عنوان                                                      | صفحه |
|------------------------------------------------------------|------|
| پیشگفتار ویرایش اول                                        | ۷    |
| پیشگفتار ویرایش دوم                                        | ۹    |
| پیشگفتار مترجمین                                           | ۱۱   |
| فصل اول: مقدمه                                             |      |
| مقدمه                                                      | ۱۳   |
| فصل دوم: اصول پایه‌ای مکانیک                               |      |
| مقدمه                                                      | ۱۹   |
| ۱-۱-۱ ذرات و اجسام صلب                                     | ۲۰   |
| ۱-۱-۲ قوانین نیوتن                                         | ۲۰   |
| ۲-۱-۲ قوانین اولیه و اجسام صلب                             | ۲۱   |
| ۳-۱-۲ انرژی جنبشی                                          | ۲۱   |
| ۴-۱-۲ کار                                                  | ۲۲   |
| ۵-۱-۲ معادلات لاگرانژ                                      | ۲۲   |
| ۲-۲ مدل سازی دینامیک تارها                                 | ۲۳   |
| ۱-۲-۲ معادلات حرکت                                         | ۲۳   |
| ۲-۲-۲ انرژی پتانسیل                                        | ۲۷   |
| ۳-۲-۲ انرژی جنبشی                                          | ۲۸   |
| ۴-۲-۲ کار مجازی نیروهای گسترده                             | ۲۸   |
| ۳-۲ نیروی مقدماتی تیر                                      | ۲۹   |
| ۱-۳-۲ پیچش                                                 | ۲۹   |
| ۲-۳-۲ خمش                                                  | ۳۲   |
| ۴-۲ تیرهای مرکب                                            | ۳۴   |
| ۱-۴-۲ معادله مشخصه و انرژی کرنشی برای حالت خمش و پیچش کوپل | ۳۵   |
| ۲-۴-۲ نیروهای اینرسی و انرژی جنبشی برای خمش و پیچش کوپل    | ۳۶   |
| ۳-۴-۲ معادلات اینرسی و انرژی جنبشی برای خمش و پیچش کوپل    | ۳۷   |
| ۵-۲ مفهوم پایداری                                          | ۳۷   |
| ۶-۲ سیستم‌های یک درجه آزادی                                | ۳۸   |
| ۱-۶-۲ حرکت آزاد                                            | ۳۹   |
| ۲-۶-۲ حرکت با تحریک هارمونیک                               | ۴۱   |
| ۷-۲ جمع‌بندی                                               | ۴۳   |
| مسائل                                                      | ۴۴   |
| فصل سوم: دینامیک سازه                                      |      |
| مقدمه                                                      | ۴۵   |
| ۱-۳ دینامیک تار همگن                                       | ۴۶   |
| ۱-۱-۳ حل (مودال) موج ایستاده                               | ۴۷   |

|     |                                                        |
|-----|--------------------------------------------------------|
| ۵۲  | ۲-۱-۳- تعامد مود شیپ‌ها                                |
| ۵۴  | ۳-۱-۳- استفاده از تعامد                                |
| ۵۷  | ۴-۱-۳- حل موج‌های دینامیک                              |
| ۶۳  | ۵-۱-۳- معادلات تعمیم یافته حرکت                        |
| ۶۵  | ۶-۱-۳- نیروهای تعمیم یافته                             |
| ۶۸  | ۷-۱-۳- محاسبات نمونه‌ای از پاسخ اجباری                 |
| ۷۳  | ۲-۲- دینامیک پیچشی تیرهای یکنواخت                      |
| ۷۴  | ۱-۲-۳- معادلات حرکت                                    |
| ۷۵  | ۲-۲-۳- شرایط مرزی                                      |
| ۸۱  | ۳-۲-۳- حل‌های نمونه برای فرکانس‌ها و مود شیپ‌های سیستم |
| ۹۰  | ۴-۲-۴- محاسبه پاسخ اجباری                              |
| ۹۰  | ۵-۲-۳- دینامیک خمش تیرهای یکنواخت                      |
| ۹۰  | ۱-۴-۳- معادله حرکت                                     |
| ۹۰  | ۲-۳-۲- حل‌های عمومی                                    |
| ۹۲  | ۳-۳-۳- شرایط مرزی                                      |
| ۱۰۱ | ۴-۳-۳- حل‌های نمونه برای مود شیپ‌ها و فرکانس‌ها        |
| ۱۱۴ | ۵-۳-۲- محاسبه پاسخ اجباری                              |
| ۱۱۴ | ۴-۲- ارتعاشات آزاد تیرها در حالت خمش و پیچش کوپل شده   |
| ۱۱۴ | ۱-۴-۲- معادلات حرکت                                    |
| ۱۱۶ | ۲-۴-۲- شرایط مرزی                                      |
| ۱۱۶ | ۵-۲- روش‌های حل تقریبی                                 |
| ۱۱۷ | ۱-۵-۲- روش رینز                                        |
| ۱۲۵ | ۲-۵-۲- روش گالرکین                                     |
| ۱۳۰ | ۳-۵-۲- روش اجزای محدود                                 |
| ۱۴۱ | ۶-۲- جمع بندی                                          |
| ۱۴۲ | مسائل                                                  |

## فصل چهارم: آبروالاستیسیته استاتیکی

|     |                                                                |
|-----|----------------------------------------------------------------|
| ۱۵۵ | مقدمه                                                          |
| ۱۵۶ | ۱-۴- مدل‌های تونل باد                                          |
| ۱۵۷ | ۱-۱-۴- مدل تکیه گاه دیواری                                     |
| ۱۶۱ | ۲-۱-۴- مدل تکیه گاه یک سر در گیر                               |
| ۱۶۳ | ۳-۱-۴- مدل تکیه گاه معلق                                       |
| ۱۶۵ | ۴-۱-۴- مدل تکیه گاه دیواری برای بررسی معکوس شونده‌گی ایلرون‌ها |
| ۱۶۹ | ۲-۴- سطح برای یکنواخت                                          |
| ۱۷۱ | ۱-۲-۴- تئوری نواری جریان پایا                                  |
| ۱۷۲ | ۲-۲-۴- معادله تعادل                                            |
| ۱۷۳ | ۳-۲-۴- واگرایی پیچشی                                           |
| ۱۷۶ | ۴-۲-۴- توزیع بار                                               |
| ۱۸۰ | ۵-۲-۴- معکوس شونده‌گی ایلرون‌ها                                |

|     |                                                                  |
|-----|------------------------------------------------------------------|
| ۱۸۶ | ۶-۲-۴ اثرات زاویه عقبگرد بال                                     |
| ۱۹۸ | ۷-۲-۴ بال‌های کامپوزیت و سازماندهی آیروداستیک                    |
| ۲۰۴ | ۲-۴ جمع‌بندی                                                     |
| ۲۰۵ | مسائل                                                            |
|     | <b>فصل پنجم: فلاتر آیروداستیک</b>                                |
| ۲۱۳ | مقدمه                                                            |
| ۲۱۵ | ۵-۱- مشخصات پایداری با تحلیل مقادیر ویژه                         |
| ۲۲۲ | ۵-۲- آنالیز آیروداستیک یک مقطع بال                               |
| ۲۲۹ | ۵-۳- آنالیز کلاسیک فلاتر                                         |
| ۲۳۱ | ۵-۳-۱ فلاتر در سیستم‌های یک درجه آزادی                           |
| ۲۳۴ | ۵-۳-۲ فلاتر در سیستم‌های دو درجه آزادی                           |
| ۲۳۷ | ۴- روش‌های مهندسی برای تعیین فلاتر                               |
| ۲۳۷ | ۵-۴-۱ روش K                                                      |
| ۲۳۹ | ۵-۴-۲ روش P-K                                                    |
| ۲۴۶ | ۵-۵ آیرودینامیک ناپایا                                           |
| ۲۴۸ | ۵-۵-۱ تئوری ناپایایی نودوسن برای ایرفویل نازک                    |
| ۲۵۲ | ۵-۵-۲ تئوری ناپایایی حالت محدود پیتز و همکاران برای ایرفویل نازک |
| ۲۵۸ | ۵-۶ تشخیص فلاتر با استفاده از روش مودهای فرضی                    |
| ۲۶۵ | ۵-۷ خصوصیات مرز فلاتر                                            |
| ۲۶۹ | ۵-۸-۱ دینامیک سازه آیروداستیک و گواهی پرواز                      |
| ۲۶۹ | ۵-۸-۱-۱ آزمایش‌های ارتعاشی بر روی زمین                           |
| ۲۷۰ | ۵-۸-۱-۲ آزمایش‌های فلاتر در تونل باد                             |
| ۲۷۱ | ۵-۸-۱-۳ آزمایش‌های مربوط به حرکت هواپیما بر روی زمین             |
| ۲۷۲ | ۵-۸-۴ تست‌های پروازی فلاتر                                       |
| ۲۷۳ | ۵-۹ جمع‌بندی                                                     |
| ۲۷۵ | مسائل                                                            |
|     | <b>ضمیمه الف: معادلات لاگرانژ</b>                                |
| ۲۸۱ | الف-۱: مقدمه                                                     |
| ۲۸۱ | الف-۲: درجات آزادی                                               |
| ۲۸۲ | الف-۳: مختصات تعمیم یافته                                        |
| ۲۸۲ | الف-۴: معادلات لاگرانژ                                           |
| ۲۸۷ | الف-۵: معادلات لاگرانژ برای سیستم‌های پایستار                    |
| ۲۹۰ | الف-۶ معادلات لاگرانژ برای سیستم‌های ناپایستار                   |
| ۲۹۳ | مراجع                                                            |



## پیشگام ویرایش اول

دوره آموزشی مقدماتی تحت عنوان ارتعاشات و فلاتر در طول سالیان متمادی به صورت دوره‌ای در دانشگاه تکنولوژی جورجیا<sup>۱</sup> تدریس شده است. این دوره به مباحث مقدماتی مربوط به رفتار استاتیکی و دینامیکی اجزاء سازه با یا بدون تاثیر جریان سیال می‌پردازد. این دوره راجع به رفتار استاتیک سازه‌ها در غیاب جریان سیال بحث نمی‌کند، زیرا این مباحث به طور رایج در دوره‌های مکانیک سازه مورد بررسی قرار می‌گیرند. بنابراین این دوره تا حد ممکن به مباحث دینامیک سازه (هنگامی که جریان سیال وجود ندارد) و آیرودالاستیسیت (هنگامی که جریان سیال وجود دارد)، می‌پردازد.

دینامیک سازه، همان‌طور که از اسم آن مشخص است، مربوط به ارتعاشات و پاسخ دینامیکی اجزاء سازه‌ها می‌باشد. زمینه مطالعاتی مرتبط با هر هم‌کنش بین تغییر شکل‌های یک سازه الاستیک در یک جریان سیال و نیروهای آیرودینامیک نتیجه را می‌توان به عنوان زیر مجموعه‌ای از آیرودالاستیسیت در نظر گرفت. پدیده‌های آیرودالاستیک را می‌توان در رفتارهای روزانه در طبیعت مشاهده نمود. (خم و راست شدن درختان در باد، صدای همهمه‌ای که چراغ خطرهای ویز در باد ایجاد می‌کند و غیره...) عمومی‌ترین پدیده‌های آیرودالاستیکی پدیده‌های دینامیکی هستند، اما پدیده‌های آیرودالاستیک استاتیکی نیز تقریباً مهم هستند در اینجا این دوره به گونه‌ای بسط داده شده است تا یک سر فصل درسی کامل را پوشش دهد و عنوان دوره به مقدماتی بر دینامیک سازه‌ها و آیرودالاستیسیت تغییر یافته است.

پدیده‌های دینامیک سازه و آیرودالاستیسیت می‌توانند منجر به تغییر شکل‌ها و ناپایداری‌های استاتیکی و دینامیکی خطرناکی شوند و لذا دارای فرآیندهای آزمایشگاهی بسیار مهمی در بسیاری از حوزه‌های تکنولوژی هستند. به خصوص در هنگام طراحی هواپیماهای پیشرفته و سفینه‌های فضایی با سازه‌های فوق العاده سبک، حل بسیاری از مسائل دینامیک سازه و آیرودالاستیسیت، یک نیاز پایه‌ای برای دستیابی به یک سیستم بهینه از نظر سازه‌ای و قابل اطمینان از نظر عملکردی است. پدیده‌های آیرودالاستیک همچنین می‌توانند نقش بسیار مهمی در توربو ماشین‌ها، سازه‌های مهندسی عمران، مبدل‌های انرژی باد و حتی در تولید صدای آلات موسیقی داشته باشند.

مسائل آیرودالاستیسیت را می‌توان به دو دسته پایداری<sup>۲</sup> و پاسخ زمانی تقسیم نمود. اگرچه توجه اصلی این کتاب بر روی مسائل پایداری است، این بدان مفهوم نیست که مسائل پاسخ زمانی کم اهمیت‌تر هستند. از آنجا که مقدار تغییر شکل در مسائل پایداری خطی غیر مشخص است، با در نظر گرفتن رفتار خطی می‌توان بسیاری از مسائل کاربردی را حل نمود. اما از آنجا

که دامنه در مسائل پاسخ زمانی مهم است، توجه ویژه به رفتار غیرخطی پیش نیاز حل این مسائل است. اگرچه معادلات غیرخطی نزدیک‌تر به واقعیت است اما حل تحلیلی معادلات غیر خطی، به خصوص در حیطه دانسته‌های دوره لیسانس، نامشخص است. هدف این کتاب فراهم نمودن مقدمه‌ای در زمینه‌های دینامیک سازه و آیروالاستیسیته است.

طول و وسعت دید کتاب حاضر به گونه‌ای تنظیم شده است تا برای آموزش در یک نیمسال تحصیلی در سال آخر دوره لیسانس یا سال اول دوره کارشناسی ارشد، گرایش هوافضا مناسب باشد. در دوره‌های تحصیلات تکمیلی که یک دوره مجزی در مورد دینامیک سازه وجود دارد، موضوعات کافی باید به فصل‌های آیروالاستیسیته افزوده شود تا یک دوره کامل به تنهایی در مورد آیروالاستیسیته از مطالب این کتاب استخراج شود.

این کتاب بر مبنای جزوه درسی پروفسور پیرس<sup>۱</sup> که از سال ۱۹۷۰ برای دوره آموزشی فلاتر و ارتعاشات مورد استفاده قرار گرفته است، ایجاد شده است. پس از بازنشستگی پروفسور پیرس در سال ۱۹۹۵، هنگامی که مسوولیت آموزش این دوره به پروفسور هاجز<sup>۲</sup> انتقال یافت، ایده تبدیل این دست نوشته‌ها به یک کتاب کامل ایجاد شد. این فرایند با تبدیل پرزحمت دست نوشته‌های پروفسور پیرس به فرمت لاتکس<sup>۳</sup> در سال ۱۹۹۷ آغاز شد. نویسنده‌گان کتاب از مارگارت اوجالا<sup>۴</sup> که در آن زمان دستیار اداری پروفسور هاجز بود و این تبدیل را آسان نمود، متشکر هستند. پروفسور هاجز سپس شروع به اضافه نمودن مطالب و مسائل به همه فصل‌های کتاب نمود. اغلب مطالب اساسی اضافه شده در فصل‌های آیروالاستیسیته بودند که برخی از آن‌ها به علت تبدیل دوره به ترم‌های تحصیلی توسط دانشگاه جرجیا ایجاد شد. دکتر ماریوش پاتیل<sup>۵</sup> هنگامی که مشغول گذراندن دوره فوق دکتری در دانشکده مهندسی هوافضا بود به همراه پروفسور هاجز مطالبی را در مورد تیلورینگ آیروالاستیسیته<sup>۶</sup> و آیرودینامیک ناپایا در طول سال تحصیلی ۱۹۹۹-۲۰۰۰ به کتاب اضافه نمودند. نویسندگان از پروفسور پیترز<sup>۷</sup> از دانشگاه واشنگتن به دلیل راهنمایی‌هایش در بخش آیرودینامیک ناپایا متشکر هستند. نهایتاً پروفسور پیرس با وجود آنکه مشغول لذت بردن از بازنشستگی و ساختن یک خانه جدید و ملاقات با نوه‌هایش بود و همزمان با خرابی سخت افزار کامپیوترش اضافه نمودن مطالب به تاریخچه آیروالاستیسیته و روش‌های  $k$  و  $p-k$  را در تابستان ۲۰۰۱ مدیریت نمود.

دیوی هاجز و آلون پیرس

آتلانتا، جرجیا

ژوئن ۲۰۰۲

---

1- Professor Pierce

2- Professor Hodges

3- Latex

4- Margaret Ojala

5- Dr. Mayuresh Patil

6- Aeroelastic Tailoring

7- Professor Peters

## پیشگفتار ویرایش دوم

برنامه‌ریزی برای ویرایش دوم در سال ۲۰۰۷ یعنی هنگامی که پروفیسور پیرس هنوز زنده بود، آغاز شد. همه همکاران وی در دانشگاه و به طور وسیع‌تر جامعه تخصصی با شنیدن مرگ وی در نوامبر ۲۰۰۸ شوکه شدند. پس از آن، برنامه چاپ ویرایش دوم کندتر شد. در ویرایش دوم، بخش‌های کمی اضافه شده است و اغلب بخش‌ها بدون تغییر باقی مانده‌اند. اساتید می‌توانند این بخش‌ها را بدون لطمه به پیوستگی کل مطلب، حذف کنند. مباحث پایهای در مکانیک و سازه‌ها مقداری بسط داده شده است و در یک فصل جداگانه ارائه شده است تا روند بیان مطالب در کتاب بیشتر جنبه خودآموز داشته باشد. امید است که ساختار جدید بگونه‌ای باشد که دانشجویانی که نیازی به این بخش ندارند به آسانی از آن عبور کنند و دانشجویانی که به این بخش نیاز دارند آن را مناسب تشخیص دهند تا به عنوان یک فصل نسبتاً کوتاه در کتاب تثبیت شود. بحثی راجع به پایداری در کتاب اضافه شده است و در کنار آن چگونگی رفتار یک سیستم یک درجه آزادی با تغییرات پارامترهای کلیدی آن تشریح شده است. جزئیات بیشتری از چگونگی یافتن حل‌های عددی برای معادلات مشخصه در دینامیک سازه‌ها به کتاب افزوده شده است. برای نزدیکی هر چه بیشتر مطالب کتاب با کاربردهای صنعتی، دانشجویان با مدل‌های سازه‌ای اجزای محدود آشنا می‌شوند. مطالبی راجع به کنترل معکوس پذیری در آیرودالاستیسیته استاتیکی افزوده شده است. توضیحاتی راجع به حل عددی در ترمینان فلاتر با نرم افزار ممتیکا<sup>۱</sup>، جایگزین روش ارائه شده در ویرایش اول برای درون یابی از یک مجموعه از فرکانس‌های تقلیل یافته حدسی شده است. آنالیز فلاتر بر مبنای مقادیر ویژه مختلط به گونه‌ای بسط داده شده است تا مدل‌های آیرودینامیک ناپایا با مختصه‌های خاص خودشان را نیز شامل شود. نهایتاً، نقش تست پرواز و گواهی عملکرد، شرح داده شده است. امید است که ویرایش دوم نه تنها برای دانشجویان لیسانس مفید باشد، بلکه برای دانشجویان سال‌های اولیه دوره تحصیلات تکمیلی نیز مورد استفاده واقع گردد.

دیوی هاجز  
آتلانتا - جرجیا

آیروالاستیسیته یکی از زمینه‌های علمی جذاب و بین رشته‌ای برای دانشجویان رشته‌های فنی نظیر مکانیک و هوافضا می‌باشد. علی‌رغم پیشرفت‌های زیادی که در این زمینه در سالیان اخیر در کشور صورت گرفته است، فقدان یک مرجع فارسی در آیروالاستیسیته باعث دشواری کار بسیاری از دانشجویان و محققانی شده بود که تمایل به آشنایی با این زمینه علمی جذاب را داشتند.

هدف از ترجمه این کتاب، فراهم نمودن منبعی در زمینه آیروالاستیسیته به زبان فارسی است تا دانشجویانی که در خواندن کتاب با زبان اصلی آن دچار مشکل و کندی هستند، بتوانند مطالعات خود را با سهولت و سرعت بیشتری دنبال کنند. در ترجمه کتاب سعی شده است تا حتی الامکان از فارسی‌سازی‌های نامانوس اصطلاحات تخصصی اجتناب شود. بدیهی است دانشجویان باید در کنار استفاده از ترجمه، به یادگیری اصطلاحات فنی و تخصصی به زبان انگلیسی که چه در دانشگاه‌ها و چه در مراکز تحقیقاتی و صنعتی کشور نقشی ویژه دارد همت بگذارند.

این ترجمه، کل کتاب مقدمه‌ای بر دینامیک سازه‌ها و آیروالاستیسیته تالیف پروفسور هاجز و پروفسور پیرس را در بر می‌گیرد. در سالیان متمادی کتاب‌های زیادی در زمینه آیروالاستیسیته نوشته شده است، اما تجربه چندین ساله مترجمان در تدریس این درس نشان می‌دهد که کتاب حاضر یکی از بهترین و ساده‌ترین مراجع در یادگیری آیروالاستیسیته است که می‌تواند به عنوان مرجع آموزشی این درس در دانشگاه‌های کشور انتخاب شود. در واقع این کتاب برای دانشجویان سال آخر کارشناسی و همچنین دانشجویان تحصیلات تکمیلی رشته‌های مهندسی هوافضا، مهندسی مکانیک و مهندسی عمران سودمند می‌باشد.

امور فنی و هنری کتاب بر عهده انتشارات پژوهشی نوآوران شریف بوده است. مترجمان در اینجا لازم می‌دانند از زحمات بی‌وقفه کارکنان انتشارات تشکر کنند. همچنین از دقت و تلاش مدیر محترم انتشارات که در چاپ و عرضه شایسته این کتاب تلاش‌های فراوانی نموده‌اند تشکر می‌شود.

لازم به ذکر است علی‌رغم دقتی که در ترجمه کتاب بکار رفته است، احتمال وجود ابرادات منتفی نیست. از خوانندگان محترم تقاضا می‌شود با نظرات و پیشنهادات اصلاحی خود ما را در بهسازی کتاب یاری نمایند.

عباس مزیدی - سید احمد قاضل زاده حقیقی

تابستان ۱۳۹۳