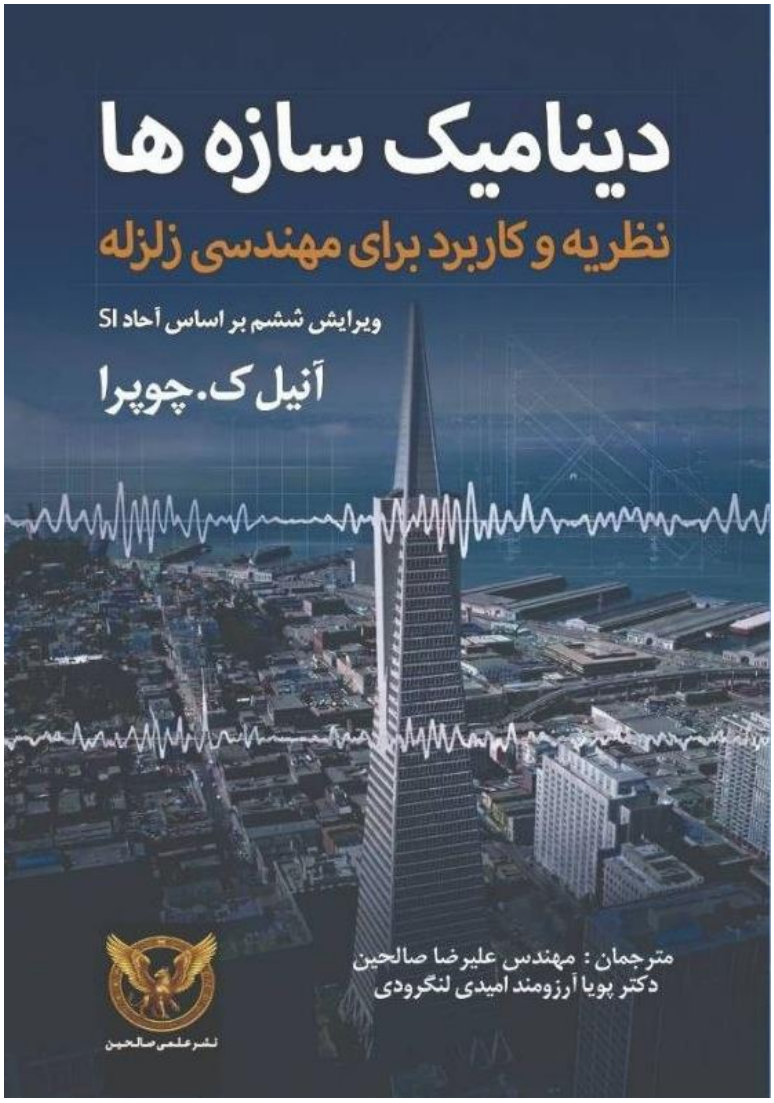
دینامیک سازه‌ها

(نظریه و کاربردهای آن در مهندسی زلزله)

ویرایش ششم در واحدهای SI



آنیل ک. چوپرا (دانشگاه کالیفرنیا، برکلی)

مترجمان:

مهندس علیرضا صالحین و دکتر پویا آرزومند امیدی لنگرودی

نشر علمی صالحین

نام کتاب: **دینامیک سازه‌ها (نظریه و کاربردهای آن در مهندسی زلزله)**

مؤلف: Anil Chopra

مترجم: مهندس علیرضا صالحین، دکتر پویا آرزومند امیدی لنگرودی

سال چاپ: ۱۴۰۵

نوبت چاپ: اول

شمارگان: ۱۰۰

بها: ۳۰۰۰۰۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۸۹۹۹۴-۹-۴

حق چاپ برای نشر عملی صالحین محفوظ می‌باشد

نشانی مرکز پخش: تهران، خیابان انقلاب، روبروی در اصلی دانشگاه، پاساژ فروزنده، طبقه اول واحد ۴۱۹

تلفن: ۰۹۱۲۵۰۱۰۰۳۰-۶۶۹۶۸۶۱۴- ۸۸۲۸۳۶۹۸ -۰۹۱۲۴۸۸۶۴۹۸

میثاق‌نامه حقوقی مالکیت فکری و شرایط بهره‌برداری انتشارات علمی صالحین

حق نشر (Copyright) ۱۴۰۵ (ج)

این میثاق‌نامه، میان «انتشارات علمی صالحین» (که از این پس «ناشر» نامیده می‌شود) از یک سو و «کاربر/خریدار اثر» (که از این پس «کاربر» نامیده می‌شود) از سوی دیگر، منعقد شده و ناظر بر کلیه نسخ چاپی و دیجیتال آثار منتشره توسط ناشر می‌باشد. تهیه، خرید، دانلود، دسترسی یا استفاده از هر یک از آثار ناشر، به منزله قبول کامل و بی‌قید و شرط مفاد این میثاق‌نامه از سوی کاربر است.

ماده ۱: تعاریف و دامنه شمول اثر

۱-۱. تعریف «اثر»

«اثر» شامل، اما نه محدود به، کلیه موارد زیر است:

۱. متون، نگارش‌ها، گفتارهای مکتوب، جملات، مثال‌ها، تمارین، پرسش‌ها و پاسخ‌ها؛
۲. نگاره‌ها، تصاویر، نمودارها، جداول، شکل‌ها، دیاگرام‌ها، داده‌نماها (اینفوگرافیک) و هر نوع محتوای بصری؛
۳. طرح جلد، صفحه‌آرایی (Layout)، تایپوگرافی، طراحی گرافیکی، نشانه‌ها (لوگوها) و اجزای بصری هویت اثر؛
۴. کدهای منبع و کدهای اجرایی (در نسخ دیجیتال و تعاملی)، افزونه‌ها، اسکریپت‌ها، فایل‌های همراه و بسته‌های نرم‌افزاری وابسته؛
۵. فراداده‌ها (Metadata)، ساختار سازماندهی محتوا، نمایه‌ها، فصل‌بندی، شماره‌گذاری‌ها و هرگونه معماری اطلاعاتی اثر؛
۶. هرگونه محتوای مکمل (ضمائم، پیوست‌ها، بانک پرسش و پاسخ، محتواهای دانلودی ویدئوها و فایل‌های صوتی اختصاصی که ارتباط مستقیم با اثر دارند).

۱-۲. دامنه حقوق مادی

کلیه حقوق مادی (Economic Rights) ناشی از پدیدآوردن و نشر این اثر، شامل و نه محدود به:

حق تکثیر، نشر، پخش، عرضه، اجرا، ترجمه، اقتباس، توزیع، در دسترس‌گذاری (Making Available) واگذاری بهره‌برداری و بهره‌برداری در هر قالب و فرمت (چاپی، صوتی، تصویری، الکترونیکی، تعاملی، چندرسانه‌ای) و در هر بستر (فیزیکی، سایبری، شبکه‌های بسته، سامانه‌های آموزشی، اپلیکیشن‌های موبایل، متاورس و سایر فضاهای واقعی یا مجازی که اکنون موجود است یا در آینده ایجاد شود)، به موجب قراردادهای معتبر قانونی، به صورت انحصاری، مطلق، غیرقابل‌رجوع و برای تمام مدت حمایت قانونی به ناشر تعلق دارد.

هیچ شخص حقیقی یا حقوقی بدون اخذ مجوز کتبی و جداگانه از ناشر، حق استفاده از این حقوق را ندارد، مگر در حدود استثناءات قانونی مصرح در این میثاق‌نامه.

۱-۳. حقوق معنوی اثر

حقوق معنوی اثر، از جمله حق انتساب اثر به نام پدیدآورنده/پدیدآورندگان و حق تمامیت اثر، طبق ماده ۴ «قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸» برای پدیدآورنده/پدیدآورندگان محفوظ است.

با این حال:

۱. حق انحصاری پیگیری و صیانت از حقوق معنوی اثر، در برابر هرگونه تحریف، تغییر، حذف یا آسیب به تمامیت اثر، به ناشر تفویض شده است؛
۲. ناشر مجاز است در چارچوب قرارداد با پدیدآورنده و با رعایت قوانین لازم‌الاجرا، نسبت به ویرایش ویراست‌های جدید، اصلاحات علمی، ادبی، فنی و ظاهری اثر اقدام نماید، بدون آن‌که این اقدامات به معنای نقض حقوق معنوی پدیدآورنده باشد، مشروط به حفظ اصول اساسین انتساب و اصالت علمی/ادبی.

۱-۴. دامنه شمول شخصی و مکانی

این میثاق‌نامه نسبت به کلیه کاربران، خریداران، استفاده‌کنندگان و هر شخصی که به هر نحو متعارف یا غیرمتعارف به اثر دسترسی پیدا می‌کند (اعم از افراد حقیقی، حقوقی، نهادهای آموزشی، سازمان‌ها، کتابخانه‌ها، موسسات، پلتفرم‌ها و سامانه‌های آنلاین)، در هر نقطه از قلمرو جمهوری اسلامی ایران و همچنین خارج از آن، در حدودی که قوانین ایران و قواعد حقوق بین‌الملل خصوصی اجازه می‌دهد، نافذ و لازم‌الاتباع است.

ماده ۲: ماهیت حقوقی تملک و بهره‌برداری

۲-۱. تفکیک مالکیت فیزیکی و مالکیت فکری (نسخ چاپی)

خرید نسخه فیزیکی اثر، صرفاً موجب انتقال مالکیت بر «عین کالا» (صفحات، جلد، چاپ فیزیکی) مطابق با مقررات عقد بیع در قانون مدنی می‌شود. این خرید:

۱. هیچ‌گونه حقی نسبت به مالکیت محتوای اثر، حق تکثیر، حق نشر، حق ترجمه، حق اقتباس، حق اسکن یا هر نوع بهره‌برداری تجاری یا سازمانی از محتوا برای خریدار ایجاد نمی‌کند؛
۲. تحت هیچ عنوان، قاعده‌ای به نام «مالکیت نسخه»، «استفاده منصفانه» یا «استفاده آموزشی» مجوزی برای اسکن کامل یا جزئی، فتوکپی گسترده، تهیه نسخه دیجیتال، انتشار در گروه‌ها و کانال‌ها یا ذخیره‌سازی در سرورهای شخصی/سازمانی در مقیاس فراتر از استفاده شخصی و محدود نیست؛
۳. هرگونه اسکن، فتوکپی یا تکثیر سیستماتیک (به‌ویژه برای استفاده در کلاس‌های درس، موسسات آموزشی، آموزشگاه‌ها، سامانه‌های LMS، یا در قالب بسته‌های آموزشی) بدون مجوز کتبی ناشر ممنوع و مشمول ضمانت اجراهای ماده ۳ و ۹ است.

۲-۲. پروانه بهره‌برداری (License) در نسخ دیجیتال

دریافت، دانلود، دسترسی یا استفاده از نسخ الکترونیکی و دیجیتال اثر (اعم از PDF، ePub، اپلیکیشن، محتوای آنلاین، فایل صوتی/تصویری و نظایر آن)، ماهیت «بیع» ندارد؛ بلکه اعطای یک پروانه بهره‌برداری محدود (License Agreement) از سوی ناشر به کاربر است. این پروانه:

۱. شخصی است: فقط مختص شخصی است که هزینه را پرداخت کرده یا حساب کاربری به نام او ثبت و تأیید شده است؛
۲. محدود است: صرفاً برای مطالعه و استفاده متعارف و شخصی کاربر بوده و فاقد هرگونه حق تکثیر، انتشار، توزیع، نمایش عمومی، آموزشی یا تجاری است، مگر آن‌که مجوزی کتبی و جداگانه از ناشر اخذ شده باشد؛
۳. غیرانحصاری است: ناشر می‌تواند پروانه‌های مشابه را به اشخاص دیگری نیز اعطا کند؛
۴. غیرقابل‌انتقال است: کاربر حق فروش، انتقال واگذاری، اجاره، امانت دادن، هدیه واگذاری لایسنس، انتقال حساب کاربری، اشتراک‌گذاری حساب، یا در اختیار گذاشتن نام کاربری و رمز عبور خود به اشخاص ثالث را ندارد؛

۵. موقت و قابل تعلیق/فسخ است: ناشر حق دارد در صورت نقض مفاد این میثاق‌نامه، نقض حقوق مالکیت فکری، یا سوءاستفاده از حساب کاربری، دسترسی کاربر به نسخه دیجیتال را به‌طور موقت یا دائم تعلیق یا فسخ نماید، بدون آن‌که کاربر مستحق هرگونه مطالبه خسارت یا استرداد وجه باشد.

۳-۲. حساب کاربری و احراز هویت

کاربر مسئول صحت و نگهداری اطلاعات حساب خود است. هرگونه استفاده از حساب کاربری به نام کاربر، در حکم استفاده‌ی خود کاربر تلقی می‌شود و کاربر در برابر ناشر نسبت به آن مسئول است، مگر آن‌که به‌طور مستند، سوءاستفاده غیرمجاز توسط ثالث را اثبات کند.

ماده ۳: ممنوعیت‌های صریح و نقض کپی‌رایت

هرگونه فعل یا ترک فعلی که منجر به نقض حقوق انحصاری ناشر گردد، مستند به مواد ۱، ۲، ۱۲، ۲۳، ۲۴ و ۲۵ «قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸» و نیز مواد ۶۱، ۷۴ و ۷۵ «قانون تجارت الکترونیکی» و مواد ۲۵ تا ۲۷ قانون جرایم رایانه‌ای، جرم و تخلف مدنی تلقی شده و علاوه بر الزام به جبران کامل خسارات وارده (اعم از مادی، معنوی و از دست رفتن منافع آینده، خسارت به شهرت و برند ناشر)، موجب پیگرد کیفری (حبس و جزای نقدی) خواهد بود.

مصادیق نقض، حصری نبوده و شامل موارد زیر و هر مورد مشابه است:

۳-۱. بازتولید و تکثیر غیرمجاز

۱. هرگونه عکس‌برداری، اسکن، فتوکپی جزئی یا کامل، ضبط صوتی (روخوانی متن)، بازنویسی دستی یا تایپی، OCR و ذخیره‌سازی محتوای اثر در پایگاه‌های داده و آرشیوهای دیجیتال، خارج از استفاده‌ی شخصی محدود کاربر؛

۲. تکثیر نسخ دیجیتال (کپی فایل‌ها، تهیه نسخ متعدد، شکستن قفل‌ها و حذف محدودیت‌های کپی).

۳-۲. توزیع، در دسترس‌گذاری و انتشار شبکه‌ای

بارگذاری (Upload)، اشتراک‌گذاری، ارسال، نشر یا در دسترس‌گذاری اثر (کامل یا بخش‌های اساسی آن) در:

۱. وب‌سایت‌ها وبلاگ‌ها، انجمن‌ها، پلتفرم‌های محتوا؛
۲. فضای ابری (Cloud)، سامانه‌های ذخیره‌سازی، درایوهای اشتراکی؛
۳. شبکه‌های اجتماعی (از جمله ولی نه محدود به: تلگرام، اینستاگرام واتساپ، سروش، ایتا و سایر پلتفرم‌ها)؛
۴. سامانه‌های اشتراک فایل (Torrent، P۲P، FTP عمومی) و اینترانت‌ها و شبکه‌های داخلی سازمانی؛
۵. گروه‌ها و کانال‌های آموزشی، دانشگاهی، مدرسه‌ای و موسسات خصوصی.

۳-۳. آثار اشتقاقی و تبدیلی بدون مجوز

هرگونه ایجاد، تولید یا انتشار آثار مبتنی بر این اثر، بدون اخذ مجوز کتبی و صریح از ناشر، از جمله:

۱. ترجمه به هر زبان؛
۲. تلخیص، خلاصه‌نویسی سیستماتیک، بازآرایی محتوا، تدوین جزوات یا کتب کمک‌آموزشی مبتنی بر اثر؛
۳. تبدیل به نمایشنامه، فیلم‌نامه، سناریو، محتوای آموزشی ویدیویی یا صوتی؛
۴. تولید کتاب کار، بانک سوال، آزمون، دوره‌های آنلاین یا حضوری، مبتنی بر ساختار یا محتوای اثر؛
۵. «خلاصه‌سازی سازمانی» برای توزیع درون سازمان‌ها، دانشگاه‌ها یا موسسات آموزشی.

۳-۴. بهره‌برداری تجاری و سازمانی ثانویه

۱. فروش مجدد نسخ دیجیتال یا فیزیکی فراتر از انتقال معمول مالکیت نسخه‌ی فیزیکی در حد متعارف مصرف‌کننده؛
۲. اجاره دادن نسخ چاپی یا دیجیتال در مقیاس تجاری، به استثنای کتابخانه‌های عمومی یا دانشگاهی که دارای مجوز و قرارداد کتبی معتبر با ناشر هستند؛
۳. استفاده از اثر در بسته‌های آموزشی انتفاعی، دوره‌ها، کارگاه‌ها، کلاس‌ها، سامانه‌های LMS و پلتفرم‌های آموزشی، بدون قرارداد مکتوب و مجوز ناشر.

۳-۵. مسئولیت مشترک در نقض

هر شخصی که آگاهانه و عامدانه:

۱. در تهیه، تکثیر، انتشار، توزیع یا تسهیل دسترسی غیرمجاز به اثر مشارکت کند؛
۲. از نسخ غیرمجاز استفاده‌ی انتفاعی یا آموزشی نماید؛

شریک یا معاون در نقض حقوق ناشر تلقی شده و مسئولیت تضامنی در جبران خسارات و تحمل مجازات‌های مقرر خواهد داشت.

ماده ٤: هوش مصنوعی، داده‌کاوی و فناوری‌های نوین

با توجه به پیشرفت‌های فناوری اطلاعات، هوش مصنوعی و داده‌کاوی و به منظور صیانت از حقوق مالکیت فکری ناشر و پدیدآورندگان، موارد زیر صراحتاً ممنوع بوده و نقض آن به منزله سرقت محتوای علمی/ادبی و نقض حقوق مؤلف محسوب می‌شود:

٤-۱. داده‌کاوی و پردازش ماشینی (Data Mining & Text)

۱. هرگونه استخراج ماشینی متن، تحلیل خودکار داده‌ها، خزش (Crawling)، اسکرپینگ (Scraping)، اندیس‌گذاری سیستماتیک و استخراج انبوه محتوا، چه توسط اشخاص حقیقی و چه توسط ربات‌ها، خزنده‌ها، اسکریپت‌ها و نرم‌افزارها، بدون مجوز کتبی ناشر؛

۲. ایجاد پایگاه داده، کورپوس (Corpus)، مجموعه آموزشی یا منابع زبان/متن مبتنی بر اثر.

٤-۲. استفاده در آموزش و بهبود سامانه‌های هوش مصنوعی

استفاده از تمام یا بخشی از این اثر، به‌عنوان:

۱. «داده ورودی» (Input Data) در مقیاس سازمانی یا گسترده؛
۲. «داده آموزشی» (Training Set) یا «داده ارزیابی» (Evaluation Data)؛
۳. داده جهت «تنظیم دقیق» (Fine-tuning) هر نوع سامانه هوش مصنوعی، مدل‌های زبانی بزرگ (LLMs)، سامانه‌های ترجمه ماشینی، هوش مصنوعی مولد (Generative AI)، سامانه‌های پیشنهادگر (Recommender Systems) و هرگونه الگوریتم یادگیری ماشین؛

بدون اخذ مجوز کتبی و قراردادی جداگانه از ناشر، ممنوع است.

٤-٣. تولید خودکار محتوای مشتق از اثر

استفاده از تجهیزاتهای هوش مصنوعی یا نرم‌افزارها برای تولید خروجی‌هایی که به صورت اساسی مبتنی بر متن، ساختار، مثال‌ها، تمارین یا پرسش‌های این اثر بوده و جایگزین تجاری یا آموزشی اثر محسوب شوند، بدون مجوز کتبی ناشر، ممنوع و مشمول مسئولیت‌های مقرر در این میثاق‌نامه است.

ماده ٥: استثناءات قانونی و حدود استفاده مجاز

صرفاً استفاده‌هایی که مشمول ماده ۷ «قانون حمایت حقوق مؤلفان» و سایر استثناءات محدود قانونی باشد، بدون اخذ مجوز اضافی، مجاز تلقی می‌شود. این استفاده‌ها شامل:

۱. نقل‌قول مستقیم یا غیرمستقیم از بخش‌های مختصر اثر، منحصراً برای اهداف نقد، تحلیل، آموزش و پژوهش علمی، در حدی که به ماهیت رقابتی با اثر منجر نشود و جایگزین خرید اثر یا استفاده از نسخ قانونی آن نگردد؛

۲. استفاده در فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی در حدی که از حد «استفاده‌ی منصفانه‌ی واقعی» (در مفهوم قانونی آن) فراتر نرفته و به توزیع گسترده یا سیستماتیک منتهی نشود.

شرط الزامی:

در تمامی موارد فوق:

۱. ذکر کامل منبع (عنوان اثر، نام مؤلف/پدیدآورنده، نام ناشر، سال نشر و در صورت امکان شماره صفحه) الزامی است؛

۲. عدم ذکر منبع، حتی در استفاده‌ی جزئی، سرقت علمی (Plagiarism) محسوب شده و علاوه بر مسئولیت اخلاقی و حرفه‌ای، می‌تواند موجب مسئولیت مدنی و انتظامی در مراجع ذی‌ربط گردد؛

۳. اگر برداشت از اثر از حد نقل‌قول محدود فراتر رود و ماهیت جایگزین تجاری/آموزشی پیدا کند، نیازمند اخذ اجازه کتبی و قراردادی از ناشر خواهد بود.

ماده ٦: تدابیر فنی حفاظتی (DRM)، امنیت و مهندسی معکوس

٦-١. تدابیر فنی حفاظتی

در صورتی که اثر (فیزیکی یا دیجیتال) حاوی یکی از موارد زیر باشد:

۱. قفل‌های نرم‌افزاری (DRM)، محدودیت‌های کپی/چاپ، کدهای فعال‌سازی؛

۲. واترمارک (Watermark) آشکار یا پنهان، شماره سریال، کدهای رهگیری؛

۳. هولوگرام، برچسب‌های امنیتی، یا هرگونه تدابیر حفاظتی فنی دیگر؛

هرگونه اقدام جهت:

- خنثی‌سازی، شکستن قفل، کرک (Crack)، حذف یا تغییر واترمارک،
- مهندسی معکوس، دی‌کامپایل (Decompile)، دی‌کد (Decode)،
- دور زدن یا تضعیف تدابیر حفاظتی،

طبق مواد ۷۱ تا ۷۳ قانون تجارت الکترونیکی و مواد ۲۵ تا ۲۷ قانون جرایم رایانه‌ای، جرم مستقل محسوب شده و مستوجب مجازات حبس و جریمه نقدی است.

٦-٢. تجهیزاتها و خدمات واسط

استفاده از هرگونه نرم‌افزار وب‌سایت، افزونه، اپلیکیشن، VPN، ربات یا هر خدمت واسط که به صورت مستقیم یا غیرمستقیم، برای شکستن DRM، حذف واترمارک، دانلود غیرمجاز، ضبط جریان (Stream) محافظت‌شده یا اشتراک‌گذاری غیرمجاز محتوا به کار می‌رود، ممنوع است. کاربر در استفاده از چنین تجهیزاتهایی، مسئولیت کامل حقوقی و کیفری عمل خود را می‌پذیرد.

ماده ۷: سلب مسئولیت (Disclaimer) و حدود ضمانت

۷-۱. ماهیت علمی/آموزشی محتوا

ناشر و پدیدآورندگان، نهایت تلاش خود را برای صحت، دقت، اتقان علمی و فنی و به‌روز بودن محتوا به کار بسته‌اند. با این وجود:

۱. هیچ‌گونه ضمانتی (صریح یا ضمنی) مبنی بر بی‌عیب بودن، بدون خطا بودن، کامل بودن، همیشگی بودن به‌روزرسانی، یا تناسب محتوا برای یک هدف خاص (Fitness for a Particular Purpose) ارائه نمی‌شود؛

۲. محتوا جایگزین مشاوره تخصصی حرفه‌ای (در حوزه‌هایی مانند پزشکی، حقوقی، مالی، فنی و...) نیست و کاربر در صورت نیاز، مکلف به مراجعه به متخصص ذی‌صلاح است.

۷-۲. محدودیت مسئولیت ناشر

۱. مسئولیت هرگونه استفاده از اطلاعات، دستورالعمل‌ها، توصیه‌ها، مثال‌ها یا داده‌های موجود در این اثر و عواقب ناشی از آن (اعم از خسارات مستقیم، غیرمستقیم، تبعی، جانی، مالی، از دست رفتن داده، از دست رفتن فرصت تجاری یا آموزشی) تماماً بر عهده کاربر است؛

۲. در هر حال، در صورتی که به موجب رأی قطعی مرجع صالح، مسئولیت مدنی ناشر در قبال کاربر احراز گردد، سقف مسئولیت مالی ناشر در هر دعوا و نسبت به هر کاربر، حداکثر معادل مبلغ واقعی پرداختی آن کاربر برای خرید اثر مربوطه خواهد بود؛

۳. ناشر در قبال خسارات ناشی از موارد خارج از کنترل متعارف خود (قوّه قاهره/فورس ماژور)، از جمله اختلالات زیرساختی اینترنت، حملات سایبری، محدودیت‌های حکومتی یا قطعی سرویس‌های ثالث، مسئولیتی نخواهد داشت.

۷-۳. عدم تضمین تداوم دسترسی دیجیتال

در مورد نسخ دیجیتال و آنلاین:

۱. ناشر حق دارد در هر زمان، به تشخیص خود، نسبت به به‌روزرسانی، تغییر، انتقال به پلتفرم دیگر، یا خاتمه عرضه‌ی نسخه‌ی دیجیتال اقدام نماید؛

۲. ناشر تلاش متعارف خود را برای اطلاع‌رسانی قبلی و فراهم کردن راه‌حل جایگزین به کار می‌بندد ولی تضمینی برای تداوم نامحدود دسترسی ارائه نمی‌کند.

ماده ۸: قانون حاکم، حل اختلاف و صلاحیت محلی

۸-۱. قانون حاکم

این میثاق‌نامه از هر حیث، اعم از اعتبار، تفسیر، اجرا، نقض و آثار آن، تابع قوانین و مقررات لازم‌الاجرای جمهوری اسلامی ایران است.

۸-۲. حل اختلاف و مرجع صالح

در صورت بروز هرگونه اختلاف، ادعا، مطالبه یا دعوا ناشی از یا مرتبط با این میثاق‌نامه و آثار ناشر:

۱. ناشر حق دارد حسب صلاحدید خود، موضوع را از طریق مراجع قضایی صالح یا از طریق داوری پیگیری نماید؛
۲. در صورت انتخاب مرجع قضایی، دادگاه‌های عمومی حقوقی و کیفری مستقر در شهر تهران (یا محل اقامتگاه قانونی ناشر در زمان طرح دعوا) صالح خواهند بود؛
۳. کاربر با تهیه این اثر، صلاحیت محلی دادگاه‌های تهران را پذیرفته و حق هرگونه ایراد به صلاحیت محلی را از خود سلب و ساقط می‌نماید؛
٤. در صورت توافق جداگانه بر داوری، حدود و شرایط داوری در قرارداد یا الحاقیه مربوط تعیین می‌گردد.

ماده ۹: ضمانت اجرا، جبران خسارت و هزینه‌های دادرسی

۹-۱. تعهد به جبران کامل خسارت

کاربر متعهد می‌گردد در صورت نقض هر یک از مفاد این میثاق‌نامه یا هرگونه نقض حقوق مالکیت فکری ناشر:

۱. کلیه خسارات وارده به ناشر، شامل زیان‌های مالی مستقیم، از دست رفتن سود، کاهش فروش، لطمه به شهرت تجاری و برند و خسارات ناشی از توزیع نسخ غیرمجاز را جبران نماید؛
۲. کلیه هزینه‌های دادرسی، کارشناسی، حق‌الزحمه کارشناسان رسمی، هزینه‌های اجرایی و حق‌الوکاله وکیل منتخب ناشر را، بر اساس قرارداد وکیل با ناشر، بدون هیچ‌گونه قید و شرط پرداخت نماید؛
۳. این تعهد، مانع از پیگیری کیفری ناقض در مراجع صالح نبوده و در کنار مسئولیت کیفری قابل اعمال است.

۹-۲. مسئولیت اشخاص حقوقی

در صورتی که نقض حقوق ناشر از سوی نهادها، موسسات آموزشی، شرکت‌ها، دانشگاه‌ها یا سایر اشخاص حقوقی صورت گیرد:

۱. شخص حقوقی مزبور نسبت به اعمال مدیران، کارکنان، مدرسان، دانشجویان یا اشخاص وابسته‌ای که تحت نظارت او مرتکب نقض شده‌اند، در حدود قوانین مرتبط، مسئول خواهد بود؛
۲. ناشر مجاز است برای جبران خسارت، علیه شخص حقوقی و اشخاص حقیقی دخیل، به‌صورت توأمان یا جداگانه، طرح دعوا نماید.

۹-۳. تعلیق یا قطع دسترسی به نسخ دیجیتال

در صورت احراز ظن قوی یا اثبات نقض مفاد این میثاق‌نامه از سوی کاربر:

۱. ناشر حق دارد بدون نیاز به اخطار قبلی، دسترسی کاربر به حساب کاربری، نسخ دیجیتال، به‌روزرسانی‌ها و خدمات جانبی مرتبط را به‌طور موقت یا دائم تعلیق یا قطع نماید؛
۲. در این صورت، کاربر حق مطالبه استرداد وجه، خسارت یا هر ادعای دیگر را نخواهد داشت.

ماده ۱۰: نسخ جدید، اصلاح و تغییر شرایط

۱۰-۱. ویراست‌ها و نسخ جدید اثر

ناشر مجاز است در هر زمان نسبت به:

۱. انتشار ویراست‌های جدید اثر،
۲. افزودن یا حذف فصول، مثال‌ها، تمارین،
۳. اصلاح خطاها و به‌روزرسانی علمی و فنی محتوا،

اقدام نماید. کاربر با خرید یک نسخه، صرفاً مالک همان ویراست/نسخه است و نسبت به دریافت رایگان ویراست‌های بعدی، حقی نخواهد داشت، مگر آن‌که ناشر صریحاً چنین حقی را اعلام کند.

۱۰-۲. اصلاح و به‌روزرسانی میثاق‌نامه

ناشر حق دارد در هر زمان، به تشخیص خود:

۱. مفاد این میثاق‌نامه را اصلاح، تکمیل یا به‌روزرسانی نماید؛
۲. نسخه‌ی جدید میثاق‌نامه را از طریق وب‌سایت، پلتفرم، یا همراه نسخ جدید آثار منتشر کند.

تداوم استفاده کاربر از آثار و خدمات ناشر پس از انتشار نسخه‌ی جدید میثاق‌نامه، به منزله قبول مفاد اصلاح‌شده خواهد بود. در مورد کاربران نسخ صرفاً چاپی، نسخه‌ی مندرج در تاریخ خرید، مبنا خواهد بود، مگر آن‌که کاربر به‌طور آگاهانه نسخه‌ی جدید را نیز بپذیرد (مثلاً با ایجاد حساب کاربری آنلاین یا استفاده از خدمات دیجیتال).

ماده ۱۱: سایر مقررات

۱۱-۱. تفکیک‌پذیری (Severability)

در صورتی که هر یک از مفاد این میثاق‌نامه، به موجب رأی قطعی مرجع صالح، باطل، غیرقابل اجرا یا خلاف قانون تشخیص داده شود، این امر تأثیری بر اعتبار و قابلیت اجرای سایر مفاد نداشته و سایر بندها به قوت خود باقی خواهند ماند.

۱۱-۲. تفسیر به نفع ناشر

در موارد ابهام، اجمال یا تعارض ظاهری میان مفاد این میثاق‌نامه و سایر اطلاعات عمومی منتشره توسط ناشر (مانند بروشورها، تبلیغات و اطلاعیه‌ها)، ملاک، متن حاضر و تفسیر حقوقی به‌نفع حفظ حقوق مالکیت فکری ناشر خواهد بود، مگر آن‌که سند مکتوب و امضاشده‌ی دیگری بین ناشر و کاربر وجود داشته باشد که صریحاً بر این متن مقدم شده باشد.

۱۱-۳. اولویت نسخه فارسی

در صورت تهیه ترجمه‌ای از این میثاق‌نامه به زبان‌های دیگر، در صورت بروز هرگونه اختلاف در تفسیر، نسخه فارسی معیار و حاکم خواهد بود.

فهرست مطالب

بخش اول: سیستم‌های یک درجه آزادی ۲۶
فصل ۱: معادلات حرکت، بیان مسئله و روش‌های حل ۲۷
فصل ۲: ارتعاش آزاد ۶۳
فصل ۳: پاسخ به تحریکات هارمونیک و تناوبی ۹۱
فصل ۴: پاسخ به تحریکات دلخواه، پله‌ای و پالس ۱۴۹
فصل ۵: ارزیابی عددی پاسخ دینامیکی ۱۸۹
فصل ۶: پاسخ زلزله سیستم‌های خطی ۲۱۹
فصل ۷: پاسخ زلزله سیستم‌های غیرالاستیک ۲۷۲
فصل ۸: سیستم‌های یک درجه آزادی تعمیم‌یافته ۳۲۲
بخش دوم: سیستم‌های چند درجه آزادی ۳۶۰
فصل ۹: معادلات حرکت، بیان مسئله و روش‌های حل ۳۶۱
فصل ۱۰: ارتعاش آزاد ۴۲۱
فصل ۱۱: میرایی در سازه‌ها ۴۶۴
فصل ۱۲: تحلیل دینامیکی و پاسخ سیستم‌های خطی ۴۸۶
فصل ۱۳: تحلیل زلزله سیستم‌های خطی ۵۳۲
فصل ۱۴: تحلیل سیستم‌های خطی با میرایی غیرکلاسیک ۶۴۴
فصل ۱۵: کاهش درجات آزادی ۶۸۴
فصل ۱۶: ارزیابی عددی پاسخ دینامیکی ۶۹۹
فصل ۱۷: سیستم‌های با جرم و الاستیسیته گسترده ۷۲۵
فصل ۱۸: مقدمه‌ای بر روش اجزای محدود ۷۵۵
بخش سوم: پاسخ زلزله، طراحی و ارزیابی ساختمان‌های چندطبقه ۷۸۹
فصل ۱۹: پاسخ زلزله ساختمان‌های خطی الاستیک ۷۹۰
فصل ۲۰: تحلیل زلزله و پاسخ ساختمان‌های غیرالاستیک ۸۰۴
فصل ۲۱: دینامیک زلزله ساختمان‌های دارای جداساز لرزه‌ای ۸۶۵
فصل ۲۲: دینامیک زلزله اندرکنش ساختمان و خاک ۸۸۸
فصل ۲۳: دینامیک سازه‌ها در آیین‌نامه‌های ساختمانی ۹۲۰
فصل ۲۴: دینامیک سازه‌ها در دستورالعمل‌های ارزیابی ساختمان ۹۴۵
پیوست ها: روش حوزه فرکانس در تحلیل پاسخ ۹۶۵

یادداشت

نیاز به یک کتاب درسی در زمینه مهندسی زلزله برای اولین بار توسط مهندس مشاور برجسته، جان آر. فریمن (۱۹۳۲–۱۸۵۵)، مطرح شد. او پس از زلزله ویرانگر سانتا باربارا، کالیفرنیا در سال ۱۹۲۵، به این موضوع علاقه‌مند شد و برای یافتن متون مرتبط، کتابخانه عمومی بوستون را جستجو کرد. او دریافت که نه تنها هیچ کتابی در مورد مهندسی زلزله وجود ندارد، بلکه خود این موضوع در هیچ‌یک از متون مهندسی سازه نیز ذکر نشده است. با نگاهی به گذشته، می‌توان دریافت که در سال ۱۹۲۵ آموزش مهندسی زلزله در وضعیتی توسعه‌نیافته قرار داشت، محاسبات با خط‌کش مهندسی انجام می‌شد و برنامه‌های درسی، دانشجو را برای درک دینامیک سازه آماده نمی‌کردند. در واقع، هیچ ابزاری برای ثبت حرکات قوی زمین توسعه نیافته بود و به نظر می‌رسید جامعه نسبت به خطرات زلزله بی‌تفاوت است.

در سال‌های اخیر، کتب درسی در زمینه مهندسی زلزله و دینامیک سازه منتشر شده‌اند، اما کتاب حاضر از پروفسور آنیل ک. چوپرا جایگاه ویژه‌ای را پر می‌کند که بین متون مقدماتی‌تر و متون مطالعات پیشرفته تحصیلات تکمیلی وجود دارد. نویسنده، یک متخصص شناخته‌شده در مهندسی زلزله و دینامیک سازه است و کتاب او نه تنها برای دانشجویان مناطق زلزله‌خیز، بلکه برای سایر نقاط جهان نیز ارزشمند خواهد بود، زیرا دانش دینامیک سازه برای مهندسی مدرن ضروری است. این کتاب مطالبی در مورد ارتعاشات و دینامیک سازه‌ها ارائه می‌دهد و کاربرد آن را در حرکات لرزه‌ای زمین نشان می‌دهد. مطالب این کتاب با مثال‌های توضیحی حل‌شده فراوان، بسیار واضح ارائه شده است، به طوری که حتی دانشجویانی که در دانشگاهی تحصیل می‌کنند که چنین درسی ارائه نمی‌شود، باید بتوانند این کتاب را به تنهایی مطالعه کنند. خوانندگانی که اکنون به مهندسی اشتغال دارند، در درک این موضوع از طریق این کتاب با دشواری مواجه نخواهند شد. یک ویژگی بسیار جالب این کتاب، کاربرد نظریه دینامیک سازه در پاسخ لرزه‌ای و طراحی ساختمان‌های چندطبقه است. اطلاعات ارائه شده در این کتاب برای آن دسته از مهندسانی که در طراحی لرزه‌ای واقعی مشغول هستند و می‌خواهند درک خود را از این موضوع بهبود بخشند، ارزش ویژه‌ای خواهد داشت.

اگرچه مطالب این کتاب به مهندسی زلزله منتهی می‌شود، اطلاعات ارائه شده برای ارتعاشات ناشی از باد در سازه‌ها و همچنین حرکات ناشی از فعالیت‌های انسانی مانند آنچه توسط چکش‌های سقوطی (drophammers) یا ترافیک سنگین وسایل نقلیه ایجاد می‌شود، نیز مرتبط است. به عنوان یک کتاب درسی در زمینه ارتعاشات و دینامیک سازه، این نوشتار هیچ رقیبی ندارد و می‌توان آن را به دانشجویان جدی توصیه کرد. من معتقدم این همان کتابی است که جان آر. فریمن در جستجوی آن بود.

جورج دبلیو. هاوسنر
مؤسسه فناوری کالیفرنیا ۱۹۹۴

پیش‌گفتار مؤلف

فلسفه و اهداف

این نوشتار در زمینه دینامیک سازه‌ها به عنوان یک کتاب درسی برای دوره‌های مهندسی عمران تدوین شده است. این کتاب شامل موضوعات بسیاری در نظریه دینامیک سازه و کاربردهای این نظریه در تحلیل، پاسخ، طراحی و ارزیابی سازه‌ها در برابر زلزله می‌باشد. هیچ دانش قبلی از دینامیک سازه فرض نشده است تا این نوشتار برای خواننده‌ای که برای اولین بار این موضوع را می‌آموزد، مناسب باشد. ارائه مطالب به اندازه کافی دقیق و با ارجاعات متقابل یکپارچه شده است تا این کتاب برای خودآموزی نیز مناسب باشد. این ویژگی متن، همراه با انتخاب موضوعاتی که انگیزه‌های عملی دارند، باید به طور ویژه برای مهندسان حرفه‌ای، به‌خصوص آن‌هایی که با تحلیل و طراحی سازه‌ها در مناطق زلزله‌خیز کشور سروکار دارند، ارزشمند باشد.

در تدوین این نوشتار، تأکید زیادی بر آسان‌تر کردن یادگیری دینامیک سازه برای دانشجویان و مهندسان حرفه‌ای شده است، زیرا بسیاری از آن‌ها این موضوع را دشوار می‌یابند. برای دستیابی به این هدف، ارائه مطالب پیرامون چندین موضوع ساختار یافته است: ریاضیات تا حد امکان ساده نگه داشته شده است. رویه‌های تحلیلی برای تأکید بر مراحل کلیدی و تسهیل اجرای آن‌ها توسط خواننده، خلاصه شده‌اند. این رویه‌ها با بیش از ۱۲۵ مثال حل‌شده، از جمله بسیاری از مثال‌های جامع و واقع‌گرایانه که در آن‌ها بر تفسیر فیزیکی نتایج تأکید شده است، تشریح می‌شوند. حدود ۶۰۰ شکل با دقت طراحی و اجرا شده‌اند تا از نظر آموزشی مؤثر باشند؛ بسیاری از آن‌ها شامل شبیه‌سازی‌های کامپیوتری گسترده از پاسخ دینامیکی سازه‌ها هستند. عکس‌هایی از سازه‌ها و حرکات سازه‌ای ثبت‌شده در هنگام زلزله گنجانده شده‌اند تا ارائه مطالب به دنیای واقعی مرتبط شود.

تهیه این متن از چندین هدف اساسی الهام گرفته است:

- مرتبط ساختن ایده‌آل‌سازی‌های سازه‌ایِ مورد مطالعه با خواص سازه‌های واقعی.
- ارائه نظریه پاسخ دینامیکی سازه‌ها به شیوه‌ای که بر بینش فیزیکی نسبت به رویه‌های تحلیلی تأکید دارد.
- تشریح کاربردهای این نظریه در حل مسائلی که از کاربردهای عملی الهام گرفته‌اند.
- تفسیر نتایج نظری برای درک پاسخ سازه‌ها به تحریکات دینامیکی مختلف، با تأکید بر تحریکات زلزله.
- به‌کارگیری نظریه دینامیک سازه برای انجام مطالعات پارامتری بنیادین که مسائل اساسی در پاسخ لرزه‌ای، طراحی و ارزیابی ساختمان‌های چندطبقه را آشکار می‌سازد.

این شیوه ارائه باید به خواننده کمک کند تا به درک عمیق‌تری از نظریه دست یابد و با اطمینان، دینامیک سازه را در حل مسائل عملی، به‌ویژه در تحلیل، طراحی و ارزیابی لرزه‌ای سازه‌ها به کار گیرد و در نتیجه، شکاف بین نظریه و عمل را کاهش دهد.

سیر تکامل این نوشتار

از زمانی که این کتاب برای اولین بار در سال ۱۹۹۵ منتشر شد، از چندین جنبه مورد بازبینی و گسترش قرار گرفته است که حاصل آن ویرایش دوم (۲۰۰۱) ویرایش سوم (۲۰۰۷) ویرایش چهارم (۲۰۱۲) و ویرایش پنجم (۲۰۱۷) می‌باشد. با توجه به افزایش تعداد رکوردهای ثبت‌شده از حرکات زمین در مجاورت گسلِ مسبب، فصل ۶ گسترش یافت تا ویژگی‌های خاص حرکات زمین در حوزه نزدیک گسل را شناسایی کرده و آن‌ها را با حرکات رایج زمین در حوزه دور از گسل مقایسه نماید. به دلیل علاقه روزافزون به عملکرد لرزه‌ای پل‌ها، مثال‌هایی در زمینه دینامیک پل‌ها و پاسخ لرزه‌ای آن‌ها در

چندین فصل اضافه گردید.

در پاسخ به نیاز فزاینده به رویه‌های ساده‌شده تحلیل دینامیکی که برای مهندسی زلزله بر اساس عملکرد مناسب باشند، فصل ۷ بسط داده شد تا بحث جامع‌تری در رابطه با تغییرشکل های ناشی از زلزله در سیستم‌های غیرالاستیک و الاستیک ارائه دهد و کاربردهای طیف طراحی غیرالاستیک را در طراحی سازه برای شکل‌پذیری مجاز، طراحی بر اساس تغییرمکان و ارزیابی لرزه‌ای سازه‌های موجود نشان دهد. فصول ۵ و ۱۶ در مورد ارزیابی عددی پاسخ دینامیکی، بازنویسی شدند تا با روش‌هایی که این متدهای عددی معمولاً در نرم‌افزارهای کامپیوتری پیاده‌سازی می‌شوند مطابقت داشته باشند و ارائه‌ای یکپارچه از تحلیل استاتیکی غیرخطی (که به عنوان تحلیل بارافزون یا $pushover$ نیز شناخته می‌شود) و تحلیل دینامیکی غیرخطی فراهم کنند.

فصل ۱۱ بازبینی شد تا داده‌های اخیر در مورد نسبت‌های میرایی را که از طریق تحلیل شناسایی سیستم بر روی حرکات ثبت‌شده از ۲۰۳ ساختمان در طول زلزله‌ها تعیین شده‌اند، در بر گیرد. توصیه‌های جدیدی برای تخمین نسبت‌های میرایی جهت استفاده در تحلیل لرزه‌ای سازه‌ها ارائه گردید. فصول ۷، ۹ و ۱۸ بسط یافتند تا تحلیل $P-\Delta$ از آثار بار ثقلی و تأثیر آن‌ها بر پاسخ جانبی، تغییرشکل ماندگار و فروریزش سازه‌ها را شامل شوند.

فصل ۱۳ گسترش یافت تا سه موضوع را که تا کنون به ادبیات پژوهشی محدود می‌شدند اما از اهمیت کاربردی برخوردارند، در بر گیرد: (۱) ترکیب پاسخ‌های اوج یک سازه به مؤلفه‌های انتقالی مجزای حرکت زمین، به منظور تخمین پاسخ اوج آن در برابر تحریک چندمؤلفه‌ای؛ (۲) معادلات مبتنی بر طیف پاسخ برای تعیین پوشی که مسیر پاسخ توأمِ تمامی نیروهای همزمانِ کنترل‌کننده طراحی لرزه‌ای یک عضو سازه‌ای را در بر می‌گیرد؛ و (۳) روش مبتنی بر طیف پاسخ برای تخمین تنش‌های اصلی در محیط‌های پیوسته سازه‌هایی مانند سدهای بتنی منجر می‌شود. افزودن فصل ۱۴ در مورد سیستم‌های با میرایی غیرکلاسیک، ناشی از علاقه فزاینده به چنین سیستم‌هایی بود که در چندین موقعیت عملی مطرح می گردند: برای مثال، سازه‌های دارای سیستم‌های مستهلک‌کننده انرژی مکمل یا سیستم‌های جداساز لرزه‌ای در پایه، سیستم‌های خاک و سازه و سیستم‌های سیال و سازه.

فصل ۲۰ به طور کامل بازنویسی و گسترش یافت تا پیشرفت‌های پس از سال ۱۹۹۰ در تحلیل لرزه‌ای و پاسخ ساختمان‌های غیرالاستیک را در بر گیرد. دو بخش جدید B و C به فصل ۲۰ اضافه شدند که اکنون حجم آن بیش از دو برابر اندازه قبلی است. این افزونه‌ها با توجه به استفاده روزافزون از تحلیلات تاریخچه پاسخ غیرخطی ($RHAs$) برای ساختمان‌ها در حرفه مهندسی، انگیزه پیدا کردند. در بخش B، چندین مسئله که در مدل‌سازی کل سازه و همچنین المان‌های سازه‌ای برای تحلیلات تاریخچه پاسخ غیرخطی به وجود می‌آیند، مورد بحث قرار گرفته‌اند.

بخش C به انتخاب و اصلاح حرکات ثبت‌شده زمین می‌پردازد تا تحریکاتی که بر اساس آن‌ها تقاضاهای لرزه‌ای در سازه‌ها باید تعیین شوند، تعریف گردند. این موضوع که از سال ۱۹۹۸ یک مبحث «داغ» برای پژوهش به شمار می‌رود، برای اولین بار در یک کتاب درسی گنجانده شد. فصل ۲۳ که در ابتدا به سه آیین‌نامه ساختمانی (ایالات متحده، کانادا و مکزیک) محدود می‌شد، گسترش یافت تا یوروکد ($Eurocode$) را نیز شامل شود.

اضافه شدن فصل ۲۴ به دلیل پذیرش دستورالعمل‌های مبتنی بر عملکرد برای ارزیابی ساختمان‌های موجود توسط جامعه مهندسی سازه صورت گرفت. در پاسخ به درخواست‌های خوانندگان، روش تحلیل دینامیکی در حوزه فرکانس گنجانده شد، اما به جای اینکه در سراسر متن تنیده شود، به عنوان یک پیوست ارائه گردید. این تصمیم ناشی از هدف من برای ساده نگه داشتن ریاضیات تا حد امکان در هر موضوع بود، تا از این طریق، درک دینامیک سازه برای دانشجویان و مهندسان حرفه‌ای به راحتی میسر گردد.

دامنه این بازبینی

کتاب *دینامیک سازه‌ها* در ۲۷ سالی که از اولین انتشار آن می‌گذرد، با استقبال خوبی مواجه شده است. این کتاب همچنان به عنوان یک متن درسی در دانشگاه‌های ایالات متحده و بسیاری از کشورهای دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد و همچنین از طیف گسترده‌ای از خوانندگان حرفه‌ای برخوردار است. ترجمه‌هایی از این کتاب به زبان‌های ژاپنی، کره‌ای، چینی، یونانی، اسپانیایی، فارسی، ترکی و لیتوانیایی منتشر شده است. نسخه $S.I.$ از ویرایش پنجم در سال ۲۰۲۰ به چاپ رسید. آماده‌سازی ویرایش ششم، فرصتی را برای من فراهم کرد تا متن را بهبود بخشیده، گسترش داده و به‌روزرسانی کنم.

فصل ۲۲ اضافه شده است؛ فصول ۶، ۱۱، ۲۰، ۲۱ و ۲۳ بازبینی شده‌اند. تغییرات خاص شامل موارد زیر است:

- فصل ۲۲ در مورد دینامیک اندرکنش خاک و سازه اضافه شده است. این بخش جدید، مقدمه‌ای بر یک موضوع چالش‌برانگیزِ فکری برای دانشجویان مقاطع تحصیلات تکمیلی فراهم می‌کند و درک مناسبی از روش‌های تجویز شده در آیین‌نامه‌های ساختمانی جهت لحاظ نمودن آثار اندرکنش خاک و سازه در طراحی ساختمان‌ها را به مهندسان حرفه‌ای ارائه می‌دهد.
- فصل ۶ بسط داده شده تا بخشی در مورد روش‌های نوینِ تهیه طیف‌های طراحی لرزه‌ای برای یک ساختگاه را در برگیرد و ارائه اولیهِ مربوط به روش کلاسیک نیز بازبینی شده است.
- بخش مربوط به مدل‌سازی میرایی در تحلیل تاریخچه پاسخ غیرخطی (RHA) ساختمان‌ها در فصل ۲۰ بازنویسی شده است تا درک کنونی مبتنی بر پژوهش‌های اخیر را منعکس نماید.
- فصل ۲۱ بازبینی شده است تا با گنجاندن داده‌های حاصل از آزمایش جداسازها، ارتباط مباحث ارائه‌شده با دنیای واقعی برقرار گردد.
- فصل ۲۳ به‌روزرسانی شده است تا منعکس‌کننده ویرایشات کنونی آیین‌نامه‌های ساختمانی برای طراحی ساختمان‌های جدید باشد.

استفاده از این کتاب در تدریسِ خود و تأمل در مورد آن در طول سال‌ها، پیشنهاداتی را برای بهبود به همراه داشت. سرتاسر متن شفاف‌تر و صیقل‌یافته‌تر شده است و چند بخش برای افزایش اثربخشیِ ارائه مطالب، مجدداً سازماندهی شده‌اند.

مباحث تحت پوشش

این متن در سه بخش سازمان‌دهی شده است: بخش اول به «سیستم‌های تک‌درجه آزادی»، بخش دوم به «سیستم‌های چنددرجه آزادی» و بخش سوم به «پاسخ لرزه‌ای، طراحی و ارزیابی ساختمان‌های چندطبقه» اختصاص دارد.

بخش اول شامل هشت فصل است. در فصل آغازین، مسئله دینامیک سازه‌ها برای سازه‌های الاستیک و غیرالاستیک ساده، که آن‌ها را به عنوان سیستم‌های تک‌درجه آزادی (SDF) می‌توان مدل‌سازی نمود، فرمول‌بندی شده و چهار روش برای حل معادله دیفرانسیل حاکم بر حرکت سازه به اختصار مرور می‌شوند. سپس به مطالعه پاسخ دینامیکی سیستم‌های الاستیک خطی پرداخته می‌شود که شامل موارد زیر است: (۱) در ارتعاش آزاد (فصل ۲)، (۲) تحت تحریکات هارمونیک و متناوب (فصل ۳) و (۳) تحت تحریکات پله‌ای و ضربه‌ای (فصل ۴). در فصول ۲ و ۳، مبحث دینامیک سیستم‌های SDF با میرایی کولمب گنجانده شده است؛ موضوعی که معمولاً در متون مهندسی عمران آورده نمی‌شود، اما به دلیل استفاده از تجهیزات اتلاف انرژی مبتنی بر اصطکاک در ساخت‌وسازهای مقاوم در برابر زلزله، در مهندسی زلزله اهمیت ویژه‌ای یافته است. پس از ارائه روش‌های عددی گام‌به‌گام زمانی برای محاسبه پاسخ دینامیکی سیستم‌های

SDF (فصل ۵)، پاسخ لرزه‌ای سیستم‌های الاستیک خطی و سیستم‌های غیرالاستیک به ترتیب در فصول ۶ و ۷ مورد مطالعه قرار می‌گیرد. پوشش این موضوعات جامع‌تر از متون موجود است و جزئیاتی در مورد ترسیم طیف‌های پاسخ و طراحی، آثار میرایی و تسلیم و تفاوت میان طیف پاسخ و طیف طراحی را شامل می‌شود. تحلیل سیستم‌های پیچیده که به عنوان سیستم‌های SDF تعمیم‌یافته در نظر گرفته می‌شوند، موضوع فصل ۸ محسوب می‌شود.

بخش دوم شامل فصول ۹ تا ۱۸ است که به تحلیل دینامیکی سیستم‌های چنددرجه آزادی (MDF) می‌پردازد. در فصل افتتاحیه بخش دوم، مسئله دینامیک سازه‌ها برای سازه‌هایی که به صورت سیستم‌هایی با تعداد درجات آزادی محدود مدل‌سازی شده‌اند، فرمول‌بندی شده و با مثال‌های متعددی تشریح می‌گردد؛ همچنین مروری بر روش‌های حل معادلات دیفرانسیل حاکم بر حرکت سازه ارائه شده است. فصل ۱۰ به ارتعاش آزاد سیستم‌هایی با میرایی کلاسیک و محاسبات عددی فرکانس‌های طبیعی و مودهای ارتعاشی سازه اختصاص دارد. فصل ۱۱ به چندین مسئله می‌پردازد که در تعریف ویژگی‌های میرایی سازه‌ها پدید می‌آیند؛ این موارد شامل داده‌های آزمایشگاهی (حاصل از آزمایشات ارتعاش اجباری روی سازه‌ها و حرکات ثبت‌شده سازه‌ها در طول زلزله) است که مبنایی برای تخمین نسبت‌های میرایی مودی فراهم کرده و در صورت نیاز، رویه‌های تحلیلی برای تشکیل ماتریس میرایی را ارائه می‌دهد. فصل ۱۲ به دینامیک سیستم‌های خطی با تأکید بر روش تحلیل مودال کلاسیک می‌پردازد. بخش «ج» (Part C) از این فصل، رویکرد «جدیدی» را برای نگاه به تحلیل مودال ارائه می‌دهد که درک چگونگی تأثیر توزیع مکانی و تغییرات زمانی نیروهای وارده بر مشارکت پاسخ مودی را تسهیل کرده و به معیارهای کاربردی در مورد تعداد مودهای لازم در محاسبات پاسخ منجر می‌شود. در فصل ۱۳، رویه‌های تحلیل مودال برای تحلیل لرزه‌ای سیستم‌های با میرایی کلاسیک بسط داده شده است؛ هر دو روش تحلیل تاریخچه پاسخ و تحلیل طیف پاسخ به شکلی ارائه شده‌اند که تفسیر فیزیکی ارائه دهند. روش اخیر، مقدار پیک پاسخ سیستم‌های MDF را از طیف پاسخ یا طراحی زلزله مستقیماً تخمین می‌زند. این رویه‌ها با مثال‌های متعددی از جمله پاسخ جانبی–پیچشی جفت‌شده در ساختمان‌های با پلان نامتقارن و پاسخ پیچشی ساختمان‌های با تقارن نامی تشریح شده‌اند. فصل با معرفی رویه‌های مبتنی بر طیف پاسخ برای در نظر گرفتن تمام نیروهای همزمان که طراحی یک المان سازه‌ای را کنترل می‌کنند، تخمین مقادیر پیک تنش‌های اصلی در سازه‌های پیوسته (مانند سدهای بتنی) و تخمین پیک پاسخ یک سازه تحت تحریک لرزه‌ای چندمولفه‌ای به پایان می‌رسد. روش تحلیل مودال در فصل ۱۴ برای تحلیل تاریخچه پاسخ سیستم‌های با میرایی غیرکلاسیک تحت تحریک زلزله تعمیم داده شده است. برای این منظور، ابتدا سیستم‌های با میرایی کلاسیک بازبینی شده و رویه‌های تحلیلی فصول ۱۰ و ۱۳ به گونه‌ای بازنویسی می‌شوند که بسط آن‌ها به موارد کلی‌تر تسهیل گردد.

فصل ۱۵ به موضوع محاسباتی و کاربردیِ کاهش تعداد درجات آزادی در مدل‌سازی سازه‌ای مورد نیاز برای تحلیل استاتیکی اختصاص یافته است تا این واقعیت را نشان دهد که پاسخ دینامیکی بسیاری از سازه‌ها را به خوبی توسط چند مود طبیعی ارتعاش اولیه آن‌ها می‌توان نمایش داد. در فصل ۱۶، روش‌های عددی گام‌به‌گام زمانی برای سیستم‌های MDF که قابلیت تحلیل با روش مودال کلاسیک را ندارند (مانند سیستم‌های با میرایی غیرکلاسیک یا سیستم‌هایی که وارد محدوده رفتار غیرخطی می‌شوند) ارائه شده است. این فصل که برای پیاده‌سازی در نرم‌افزارهای کامپیوتری مناسب است، ارائه‌ای یکپارچه از تحلیل استاتیکی غیرخطی (که با نام تحلیل بارافزون/پوش‌آور نیز شناخته می‌شود) و تحلیل دینامیکی غیرخطی را شامل می‌شود. فصل ۱۷ به مسائل کلاسیک در دینامیک سیستم‌های با جرم توزیع‌شده می‌پردازد که در آن صرفاً سیستم‌های یک‌بعدی گنجانده شده است. در فصل ۱۸، دو روش برای گسسته‌سازی سیستم‌های با جرم توزیع‌شده یک‌بعدی ارائه می‌شود: روش رایلی–ریتز و روش المان محدود. مفهوم ماتریس جرم سازگار معرفی

شده و دقت و همگرایی فرکانس‌های طبیعی تقریبی یک تیر طره که به روش المان محدود تعیین شده‌اند، به نمایش گذاشته می‌شود.

بخش سوم کتاب شامل شش فصل در زمینه پاسخ لرزه‌ای، طراحی و ارزیابی ساختمان‌های چندطبقه است؛ موضوعی که معمولاً در متون دینامیک سازه گنجانده نمی‌شود. چندین مسئله مهم و کاربردی با استفاده از رویه‌های تحلیلی توسعه‌یافته در فصول قبل مورد بررسی قرار می‌گیرند. در فصل ۱۹، پاسخ لرزه‌ای ساختمان‌های چندطبقه الاستیک خطی برای طیف وسیعی از دو پارامتر کلیدی ارائه می‌شود: دوره تناوب طبیعی اصلی و نسبت سختی تیر به ستون. بر اساس این نتایج، درکی از نحوه تأثیر این پارامترها بر پاسخ لرزه‌ای ساختمان‌ها و به‌ویژه، مشارکت‌های نسبی مودهای طبیعی مختلف در پاسخ حاصل می‌شود که به اطلاعات کاربردی در مورد تعداد مودهای بالاتر مورد نیاز در محاسبات پاسخ لرزه‌ای می‌انجامد. فصل ۲۰ به موضوع مهم پاسخ لرزه‌ای ساختمان‌های چندطبقه که در محدوده غیرالاستیک تغییر شکل می‌دهند اختصاص دارد. بخش «الف» از این فصل، تحلیل تاریخچه پاسخ غیرخطی (RHA) دقیق را ارائه می‌دهد؛ تأثیر مهم فرضیات مدل‌سازی، پارامترهای کلیدی سازه‌ای و جزئیات جنبش زمین بر تقاضاهای لرزه‌ای را شناسایی کرده و مقاومت لازم برای محدود کردن تقاضاهای شکل‌پذیری طبقات در یک ساختمان چندطبقه را تعیین می‌کند. در بخش «ب»، چندین مسئله که در مدل‌سازی کل سازه و همچنین المان‌های سازه‌ای برای تحلیلات RHA غیرخطی پدید می‌آیند، مورد بحث قرار می‌گیرند. بخش «ج» به انتخاب و اصلاح جنبش‌های ثبت‌شده زمین برای تعریف تحریکاتی اختصاص دارد که تقاضاهای لرزه‌ای در سازه‌ها باید توسط RHA غیرخطی برای آن‌ها تعیین شود. جداسازی لرزه‌ای از پایه، موضوع فصل ۲۱ محسوب می‌شود. هدف ما مطالعه رفتار دینامیکی ساختمان‌های قرار گرفته بر سیستم‌های جداساز پایه با هدف محدودِ درک چرایی و شرایطی است که در آن جداسازی در کاهش نیروهای ناشی از زلزله در یک سازه مؤثر واقع می‌شود. اندرکنش خاک و سازه موضوع فصل ۲۲ است. یک رویه تحلیل در حوزه فرکانس برای تحلیل لرزه‌ای سازه‌های قرار گرفته بر مصالح پی تغییرشکل‌پذیر توسعه یافته، آثار اندرکنش خاک و سازه بر پاسخ ساختمان شناسایی شده و یک رویه تحلیل ساده‌شده که تخمین پیک پاسخ سازه را مستقیماً از طیف پاسخ (یا طراحی) زلزله امکان‌پذیر می‌سازد، ارائه می‌گردد. در فصل ۲۳، ضوابط نیروی زلزله در چهار آیین‌نامه ساختمانی شامل آیین‌نامه بین‌ایالتی ساختمان (ایالات متحده)، آیین‌نامه ملی ساختمان کانادا، یوروکد و آیین‌نامه مکزیکوسیتی به همراه ارتباط آن‌ها با تئوری دینامیک سازه‌ها که در فصول ۶، ۷، ۸ و ۱۳ توسعه یافته است، ارائه می‌شود. متعاقباً، ضوابط آیین‌نامه در پرتو نتایج تحلیل دینامیکی ساختمان‌های ارائه شده در فصول ۱۹ و ۲۰ مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. دستورالعمل‌ها و استانداردهای مبتنی بر عملکرد برای ارزیابی ساختمان‌های موجود، رفتار غیرالاستیک را به‌طور صریح در تخمین تقاضاهای لرزه‌ای در سطوح عملکرد پایین، مانند ایمنی جانی و پیشگیری از فروریزش، در نظر می‌گیرند. در فصل ۲۴، جنبه‌های منتخبی از رویه دینامیکی غیرخطی و رویه استاتیکی غیرخطی در این اسناد شامل ATC-۴۰، FEMA ۳۵۶ و ASCE ۴۱-۱۷ ارائه شده و در پرتو تئوری دینامیک سازه توسعه‌یافته در فصول ۷ و ۲۰ مورد بحث قرار می‌گیرند.

یادداشتی برای مدرسان

این متن برای دوره‌های سطح تحصیلات تکمیلی و سطح سال آخر کارشناسی مناسب است. هیچ دانش پیشینی از دینامیک سازه‌ها مفروض در نظر گرفته نشده است. پیش‌زمینه لازم از طریق دوره‌های معمول مورد نیاز برای دانشجویان کارشناسی مهندسی عمران در دسترس است. این دوره‌ها عبارتند از:

- تحلیل استاتیکی سازه‌ها، شامل سازه‌های نامعین استاتیکی و فرمول‌بندی ماتریسی رویه‌های تحلیل (پیش‌زمینه مورد نیاز عمدتاً برای بخش دوم).

- طراحی سازه.
- دینامیک اجسام صلب.
- ریاضیات: معادلات دیفرانسیل معمولی (برای بخش اول)، جبر خطی (برای بخش دوم) و معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی (صرفاً برای فصل ۱۷).

این متن با ارائه درمانی مقدماتی اما جامع از تعداد زیادی از موضوعات، انعطاف‌پذیری غیرمعمولی را در انتخاب محتوای دوره بنا به تشخیص مدرس اجازه می‌دهد. چندین دوره آموزشی را می‌توان بر اساس مطالب این کتاب تدوین کرد. در اینجا چند نمونه آورده شده است.

تقریباً تمام متن را در یک دوره یک‌ساله می‌توان پوشش داد:

عنوان: دینامیک سازه‌ها ۱ (یک نیم‌سال تحصیلی)

برنامه درسی: فصل ۱؛ بخش‌های ۱ و ۲ از فصل ۲؛ بخش‌های «الف» و «ب» از فصل ۳؛ فصل ۴؛ موضوعات منتخب از فصل ۵؛ بخش‌های ۱ تا ۷ از فصل ۶؛ بخش‌های ۱ تا ۷ و ۱۳ از فصل ۷؛ موضوعات منتخب از فصل ۸؛ بخش‌های ۱ تا ۴ و ۹ تا ۱۱ از فصل ۹؛ بخش‌های «الف» و «ب» از فصل ۱۰؛ بخش‌های ۱ و ۲ از فصل ۱۱؛ بخش‌های «الف» و «ب» از فصل ۱۲؛ بخش‌های ۱، ۲، ۷ و ۸ (به جز روش CQC) از فصل ۱۳؛ و موضوعات منتخب از بخش «الف» فصل ۲۳.

عنوان: دینامیک سازه‌ها ۲ (یک نیم‌سال تحصیلی)

برنامه درسی: بخش‌های ۵ تا ۷ از فصل ۹؛ بخش‌های ۳ تا ۵ از فصل ۱۱؛ بخش‌های «ج» و «د» از فصل ۱۲؛ بخش‌های ۳ تا ۱۲ از فصل ۱۳؛ بخش‌های منتخب از فصول ۱۴، ۱۵، ۱۷، ۱۹ تا ۲۲ و ۲۴؛ و پیوست «الف».

انتخاب موضوعات برای دوره اول تا حدودی بر اساس نیاز به ارائه پوشش جامع، شامل تحلیل دینامیکی و لرزه‌ای سیستم‌های MDF، برای دانشجویانی که تنها یک دوره را می‌گذرانند، تعیین شده است. نسخه‌های کوتاه‌شده از سرفصل فوق را می‌توان برای دو دوره سه‌ماهه (Quarter) سازمان‌دهی کرد. یک حالت احتمالی به شرح زیر است:

عنوان: دینامیک سازه‌ها ۱ (یک دوره سه‌ماهه)

برنامه درسی: فصل ۱؛ بخش‌های ۱ و ۲ از فصل ۲؛ بخش‌های ۱ تا ۴ از فصل ۳؛ بخش‌های ۱ و ۲ از فصل ۴؛ موضوعات منتخب از فصل ۵؛ بخش‌های ۱ تا ۷ از فصل ۶؛ بخش‌های ۱ تا ۷ از فصل ۷؛ موضوعات منتخب از فصل ۸؛ بخش‌های ۱ تا ۴ و ۹ تا ۱۱ از فصل ۹؛ بخش‌های «الف» و «ب» از فصل ۱۰؛ بخش «ب» از فصل ۱۲؛ بخش‌های ۱، ۲، ۷ و ۸ (به جز روش CQC) از فصل ۱۳.

عنوان: دینامیک سازه‌ها ۲ (یک دوره سه‌ماهه)

برنامه درسی: بخش‌های ۵ تا ۷ از فصل ۹؛ بخش‌های ۳ تا ۹ از فصل ۱۳؛ و موضوعات منتخب از فصول ۱۹ تا ۲۴.

یک دوره یک‌نیم‌ساله با تأکید بر مهندسی زلزله را می‌توان به صورت زیر سازمان‌دهی کرد:

عنوان: دینامیک لرزه‌ای سازه‌ها

برنامه درسی: فصل ۱؛ بخش‌های ۱ و ۲ از فصل ۲؛ بخش‌های ۱ و ۲ از فصل ۴؛ فصول ۶ و ۷؛ موضوعات منتخب از فصل ۸؛ بخش‌های ۱ تا ۴ و ۹ تا ۱۱ از فصل ۹؛ بخش‌های «الف» و «ب» از فصل ۱۰؛ بخش «الف» از فصل ۱۱؛ بخش‌های ۱ تا ۳ و ۷ تا ۱۲ از فصل ۱۳؛ و موضوعات منتخب از فصول ۱۹ تا ۲۴.

حل مسائل برای یادگیری دینامیک سازه توسط دانشجویان ضروری است. برای این منظور، ۱۸ فصل اول شامل تقریباً

۴۰۰ مسئله است. فصول ۱۹ تا ۲۴ فاقد مسئله هستند، زیرا این مطالب برای تعریف مسائل کوتاه و معنادار مناسب نیستند. با این حال، خواننده برای یادگیری بیشتر بهتر است مثال‌های ارائه شده در این فصول را مطالعه کرده و نتایج را بازتولید کند. در حل این مسائل، فرض بر این است که دانشجو به برنامه‌های کامپیوتری مانند MATLAB یا MATHCAD دسترسی خواهد داشت. حل این مسائل برای مدرسان به صورت فایل دانلودی از انتشارات در دسترس است.

من در سخنرانی‌های خود در برکلی، تئوری را روی تخته سیاه بسط می‌دهم و آن را با اسلایدهای مربوط به اشکال پیچیده‌تر متن تشریح می‌کنم؛ نسخه‌های پاورپوینت اشکال که برای تهیه اسلاید جهت استفاده در کلاس مناسب هستند، برای مدرسان به صورت دانلودی از انتشارات در دسترس قرار دارد. علی‌رغم درخواست‌ها برای مجموعه کامل اسلایدهای پاورپوینت (تئوری، مثال‌ها و اشکال)، این موارد تهیه نشده‌اند، زیرا معتقدم این رویکرد مؤثرترین استراتژی برای تدریس دینامیک سازه‌ها محسوب نمی‌شود.

یادداشتی برای مهندسان حرفه‌ای

بسیاری از مهندسان حرفه‌ای در طول دهه ۱۹۸۰ من را تشویق کردند تا متنی جامع‌تر از کتاب Dynamics of Structures, A Primer (تک‌نگاشتی که در سال ۱۹۸۱ و ۲۰۰۵ [ویرایش دوم] توسط موسسه تحقیقات مهندسی زلزله منتشر شد) تهیه کنم. امیدوارم این نیاز توسط متن حاضر برطرف شده باشد. این اثر که به عنوان یک کتاب درسی تدوین شده است، شامل تشریفات و جزئیات لازم برای دانشجویان است، اما این ویژگی‌ها نباید مهندسان حرفه‌ای را از استفاده از کتاب باز دارد، زیرا فلسفه و سبک نگارش آن با هدف تسهیل یادگیری موضوع از طریق خودآموزی تنظیم شده است.

برای مهندسان حرفه‌ای علاقه‌مند به تحلیل لرزه‌ای، پاسخ، طراحی و ارزیابی سازه‌ها، مسیر مطالعه زیر را در کتاب پیشنهاد می‌کنم: فصول ۱ و ۲؛ فصول ۶ تا ۹؛ بخش‌های «الف» و «ب» از فصل ۱۰؛ بخش «الف» از فصل ۱۱؛ و فصول ۱۳ و ۱۹ تا ۲۴.

از نظرات شما استقبال می‌شود

من از مدرسان، دانشجویان و مهندسان حرفه‌ای درخواست می‌کنم در صورت داشتن پیشنهاد برای بهبود یا شفاف‌سازی مطالب، یا در صورت شناسایی خطاها، با من (chopra@berkeley.edu) مکاتبه کنند. پیشاپیش از اینکه وقت گذاشته و به این موضوع علاقه نشان می‌دهید، سپاسگزارم.

آنیل ک. چوپرا (Anil K. Chopra)

سپاسگزاری

من از افراد بسیاری که در طول ۲۷ سال گذشته در تهیه این متن کمک کرده‌اند، سپاسگزارم.
پروفسور راکش کی. گوئل، که از ابتدا تا انتها همراه بود، به روش‌های متعددی کمک کرد و نقش مهمی در تدوین ویرایش اول ایفا نمود. مهم‌ترین مشارکت او، توسعه و اجرای نرم‌افزار کامپیوتری لازم برای تولید نتایج عددی و خلق اکثر اشکال بود.
پروفسور گریگوری ال. فنوز پیش‌نویس اولیه دست‌نوشته ویرایش اول را مطالعه کرد، هر هفته در مورد آن با من بحث نمود و پیشنهادهای اساسی برای بهبود ارائه داد.
شش داور (پروفسورها لوئیس استوا ویلیام جی. هال، رافائل ریدل، سی. سی. تانگ و زنده‌یادان جورج دبلیو. هوسنر و دونالد ای. هادسون)، پیش‌نویس نهایی دست‌نوشته اصلی را بررسی کردند. آن‌ها علاوه بر تشویق، پیشنهادهای هوشمندانه‌ای برای بهبود ارائه دادند.
پروفسورها گریگوری ال. فنوز و فیلیپ سی. فیلیپو در مورد بازنگری فصول ۵ و ۱۶ مشاوره داده و در مورد پیش‌نویس نهایی اظهارنظر کردند.
دکتر ایان آیکن مطالب منبع (از جمله عکس‌ها) و مشاوره در مورد بازنگری بخش‌های ۷.۱۰.۱ و ۷.۱۰.۲ در رابطه با تجهیزات مکمل اتلاف انرژی را فراهم کرد.
پروفسورها فیلیپ سی. فیلیپو و دیمیتریوس لیگنوس در مورد توسعه مطالب ویرایش پنجم در زمینه تحلیل $P-\Delta$ و آثار بارهای ثقلی بر پاسخ لرزه‌ای سازه‌ها مشاوره دادند.
پروفسور دیونیسیو برنال داده‌های ارائه شده در فصل ۱۱ مربوط به نسبت‌های میرایی مود اول برای ۲۰۳ ساختمان را که از حرکات ثبت شده آن‌ها در طول زلزله‌های گذشته تعیین شده بود، ارائه کرد.
دکتر چارلز منون، که نتایج تحقیقاتش مبنای بخش‌های ۱۳.۱۰ و ۱۳.۱۱ بود، مشاوره گسترده‌ای در تهیه این بخش ارائه داد و پیش‌نویس‌ها را بازبینی کرد.
پروفسور اسکار لوپز و دکتر چارلز منون، که نتایج تحقیقاتشان مبنای بخش جدید ۱۳.۱۲ بود، مشاوره داده و پیش‌نویس نهایی را بازبینی کردند.
چندین داور (پروفسورها مایکل سی. کنستانتینو، تاکرو ایگوسا، جورج سی. لی، فای ما و کارلوس ای. ونتورا) بهبودهایی را برای پیش‌نویس نهایی فصل ۱۴ پیشنهاد کردند.
دکتر ان. سایمون کوانگ به روش‌های مختلفی در تهیه بخش «ج» از فصل ۲۰ مشارکت داشت: توسعه نرم‌افزار کامپیوتری، تولید نتایج عددی، توسعه اشکال، ارائه مشاوره و بازبینی پیش‌نویس‌ها. او همچنین اشکالی را برای بخش «ب» از فصل ۲۰ و تمام اشکال جدید ویرایش پنجم تهیه کرد. او همچنین اشکال ۶.۸.۸، ۶.۱۰.۲، ۶.۱۰.۳ و ۲۰.۷.۴ را برای ویرایش ششم تهیه کرد.
تحقیقات دکتر شین (سیندی) کیان مبنای بخش ۲۰.۷.۳ در مورد مدل‌سازی میرایی ویسکوز برای تحلیل تاریخچه پاسخ غیرخطی ساختمان‌ها است. او همچنین اشکال جدیدی را برای فصول ۲۰، ۲۱ و ۲۳ و تمام اشکال فصل ۲۲ تهیه کرد.
پروفسور جان اف. هال مشاوره‌هایی را در زمینه مدل‌سازی میرایی ویسکوز در تحلیل دینامیکی غیرخطی ساختمان‌ها، که موضوع بخش ۲۰.۷ است، ارائه داد.
دکتر فرانک مک‌کنا نرم‌افزار OpenSees را برای امکان‌پذیر ساختن تحقیقات گزارش‌شده در بخش ۲۰.۷ اصلاح کرد و نتایج پاسخی را که در بخش‌های ۲۰.۷.۱ و ۲۰.۷.۲ ارائه شده است، توسعه داد.
پروفسور جک دبلیو. بیکر پیش‌نویس نهایی بخش «ج» از فصل ۲۰ را بازبینی کرد.
پروفسور مایکل سی. کنستانتینو داده‌های حاصل از آزمایش جداگرها را که در فصل ۲۱ ارائه شده است، فراهم کرد.

شش کارشناس در مورد تفسیر چهار آیین‌نامه ساختمانی در فصل ۲۳ مشاوره دادند: رونالد او. همبرگر (آیین‌نامه بین‌ایالتی ساختمان و استانداردهای ASCE ۷)؛ جاگموهان ال. هومار (آیین‌نامه ملی ساختمان کانادا)؛ لوئیس استوا و ماریو اورداز (آیین‌نامه مکزیکوسیتی)؛ و پیتر فایفار و مایکل ان. فردیس (یوروکد).

رونالد او. همبرگر در مورد استاندارد ASCE/SEI ۴۱-۱۷ که در فصل ۲۴ ارائه شده است، مشاوره داد.

چندین پروفسور که این متن را در دوره‌های خود به کار گرفته‌اند، در طول سال‌ها پیشنهادهایی برای بهبود ارائه داده‌اند. برخی از بازنگری‌ها و الحاقات در ویرایشات اخیر به توصیه پروفسورها استاوروس ای. آناگنوستوپولوس، فینلی چارنی، مایکل سی. کنستانتینو، کینچو لا و خوزه ام. روئست انجام شده است.

بسیاری از دانشجویان سابق در طول سال‌ها در تهیه حل مثال‌های تشریحی و مسائل انتهای فصل کمک کرده و به روش‌های دیگر یاری رسانده‌اند: اشرف ایوب، ایشنیش باسو، شیه–پو چانگ، خوان چاوز، چاتپان چینتاناپاکدی، خوان کارلوس د لا یرا، راکش کی. گوئل، گرت هال، گابریل هورتادو، پتروس کشیشیان، آلن کوان، ان. سایمون کوانگ، شیائو لیانگ ون–هسیونگ لین، چارلز منون، خوان کارلوس ریس، ایوون تسوئی و سونگ–لی تای. هان–چن تان حروف‌چینی و کارهای گرافیکی راهنمای حل‌المسائل اصلی برای ۲۳۳ مسئله در ویرایش اول را انجام داد.

کریستینا بودنار–اندرسون از کتابخانه مهندسی زلزله NISEE-PEER در دانشگاه کالیفرنیا، برکلی، در انتخاب و جمع‌آوری عکس‌ها کمک کرد.

کلر جانسون متن بخش‌های بازنگری شده و جدید دست‌نوشته را آماده کرد و همچنین راهنمای حل‌المسائل را گردآوری و ویرایش نمود.

باربارا زایدرز به عنوان ویراستار ادبی برای چهار ویرایش اول خدمت کرد؛ کلر رومئو این نقش را برای ویرایشات پنجم و ششم بر عهده گرفت.

پروفسور جوزف پنرین وظایف من را به عنوان دبیر اجرایی مجله Earthquake Engineering and Structural Dynamics از ژوئن ۱۹۹۳ تا آگوست ۱۹۹۴، زمانی که روی متن اصلی کار می‌کردم، بر عهده گرفت.

همچنین می‌خواهم مراتب قدردانی عمیق خود را از زنده‌یادان پروفسورها ری دبلیو. کلاف (پسر)، جوزف پنرین، ناتان ام. نیومارک، امیلیو روزنبلوت و ای. اس. ولتسوس به خاطر تأثیری که بر رشد حرفه‌ای من داشته‌اند، ابراز نماییم. در اوایل دهه ۱۹۶۰، پروفسورها کلاف، پنرین و روزنبلوت من را با دیدگاه‌های روشن‌فکرانه و دوره‌های فوق‌العاده سازمان‌یافته خود در زمینه دینامیک سازه‌ها و مهندسی زلزله آشنا کردند. متعاقباً، پروفسور ولتسوس از طریق تحقیقات، نوشته‌ها و سخنرانی‌های خود بر فلسفه تدریس و تحقیق من تأثیر گذاشت. کار او با پروفسور نیومارک رویکرد اتخاذ شده برای بخش‌هایی از فصول ۶ و ۷ را تعریف کرد؛ با پروفسور کارلوس ای. ونتورا سبک ارائه فصل ۱۴ را مشخص نمود؛ و با چندین تن از دانشجویان تحصیلات تکمیلی خود مبنای فصل ۲۲ را تشکیل داد.

این متن تحت تأثیر تجربیات تحقیقاتی شخصی من در همکاری با دانشجویانم بوده است. از سال ۱۹۶۹، چندین سازمان از تحقیقات من در مهندسی زلزله حمایت کرده‌اند، از جمله بنیاد ملی علوم، سپاه مهندسی ارتش ایالات متحده و برنامه ابزارنگاری جنبش‌های شدید کالیفرنیا.

این متن و ویرایشات بازنگری شده آن در طول مرخصی‌های مطالعاتی تهیه شده‌اند، امتیازی که بابت آن از دانشگاه کالیفرنیا در برکلی سپاسگزارم.

آنیل ک. چوپرا

سپاسگزاری برای ویرایشات SI

ما از چندین فرد که نقش‌های مهمی در تهیه تبدیل‌های SI ویرایش پنجم ایفا کردند، سپاسگزاریم.
پروفسور آلوک گویال کار شرکت GEX, Inc. را که تبدیل ویرایش سوم ایالات متحده به واحدهای SI را اجرا کرده بود (که منتشر نشد زیرا تصمیم بر این شد که برای مطابقت با ویرایش چهارم ایالات متحده گسترش یابد)، به طور گسترده بازبینی و اصلاح کرد.
کلر رومئو و کلر جانسون مسئول کار طاقت‌فرسای این گسترش و ادغام دو ویرایش بودند.
سه دانشجو، فعلی و سابق، تبدیل‌های SI را برای برخی از مطالب جدید در ویرایشات چهارم و پنجم ایالات متحده آماده کردند. مثال‌های فصول ۵، ۱۴ و ۱۶ توسط خوان کارلوس ریس حل شد، در حالی که مثال‌های بخش ۱۳.۱۰ توسط ایوون تسوئی و مثال‌های بخش‌های ۱۳.۱۱ و ۱۳.۱۲ توسط سایمون کوانگ حل شد. سایمون کوانگ همچنین چندین مثال اصلی در فصول ۱۰ و ۱۳ را که در برابر تبدیل روتین به واحدهای SI مقاومت می‌کردند، بازطراحی و حل کرد و اشکال جدیدی برای نمودارهای طیف پاسخ سه‌گانه در فصول ۶ و ۱۳ ایجاد نمود.
پروفسور خورخه ای. گوتیرز مسئول حل اکثر مسائل انتهای فصل بود. او توسط مهندس لوئیس دیگو سالاس د لا فوئنته و خوان کارلوس ریس که مسائل انتهای فصول ۵، ۱۴ و ۱۶ را حل کردند، به خوبی یاری شد.
همچنین می‌خواهیم از کنستانتینوس باکساواناکیس از دانشگاه لافبورو برای مشارکت در ویرایش ششم در واحدهای SI قدردانی و تشکر کنیم.

منابع برای مدرسان

جذب دانشجویان با محتوای سفارشی

دوره آموزشی شما منحصربه‌فرد است. متون سنتی ممکن است با سبک تدریس شما مطابقت نداشته باشند — و دانشجویان شما نباید برای مطالبی که در کلاس پوشش نمی‌دهید هزینه بپردازند. با Pearson Collections، شما این قدرت را دارید که متنی را که همیشه می‌خواستید ایجاد کنید. وب‌سایت با کاربری آسان به شما اجازه می‌دهد فصول را از هر محصول پیرسون انتخاب کرده و منابع آموزشی خود را به آن اضافه کنید. علاوه بر این، می‌توانید متن سفارشی خود را به صورت یک مجموعه چاپی یا دیجیتال با کلاس خود به اشتراک بگذارید. برای صحبت در مورد سفارشی‌سازی محتوای خود، لطفاً با نماینده پیرسون تماس بگیرید یا از www.pearson.com/uk/collections بازدید کنید.

راهنمای حل‌المسائل مدرسان

این راهنما که برای پذیرندگان این کتاب درسی در دسترس است، حاوی حل مسائل تکالیف است. راهنمای حل‌المسائل در قالب PDF در دسترس است.

اسلایدهای پاورپوینت

مجموعه کاملی از تمام اشکال و جداول کتاب درسی در قالب پاورپوینت در دسترس است.
تمام منابع مدرسان برای دانلود در www.pearson.com/uk در دسترس است. اگر به نام کاربری و رمز عبور برای این سایت نیاز دارید، لطفاً با نماینده محلی پیرسون تماس بگیرید.

مقدمه مترجمان

کتاب «دینامیک سازه‌ها: نظریه و کاربرد در مهندسی زلزله» اثر پروفسور آنیل ک. چوپرا (Anil K. Chopra) از دانشگاه کالیفرنیا، برکلی، طی دهه‌های گذشته مرجع بلامنازع و انتخاب نخست برای آموزش تحصیلات تکمیلی مهندسی زلزله و دینامیک سازه‌ها در سراسر جهان بوده است. بررسی نقدهای معتبر بین‌المللی، از جمله ارزیابی‌های منتشرشده در *Journal of Structural Engineering* متعلق به انجمن مهندسان عمران آمریکا (ASCE)، جایگاه این اثر را به عنوان استانداردی طلایی در ادبیات مهندسی سازه تثبیت می‌کند. ناشر بین‌المللی کتاب، Pearson، به درستی اشاره می‌کند که این متن در حوزه ارتعاشات و دینامیک سازه‌ها عملاً بی‌رقیب است و در مجامع تخصصی مهندسان سازه (نظیر انجمن‌های مهندسی و تالارهای گفتگوی تخصصی) همواره به عنوان مرجع قطعی برای حل چالش‌های دینامیکی معرفی می‌شود.

عیار علمی این اثر در پیوند دادن سه مقوله در یک پیوستار واحد نهفته است: استخراج معادله حرکت از اصول بنیادین مکانیک، حل تحلیلی و عددی آن، و در نهایت انتقال نتایج به طیف پاسخ، طیف طرح و تصمیم‌گیری‌های طراحی لرزه‌ای. پروفسور چوپرا با ظرافتی آکادمیک، این موضوع ذاتاً دشوار و ریاضی‌محور را به‌گونه‌ای سامان داده است که فرض بر عدم آشنایی پیشین خواننده با دینامیک سازه گذاشته می‌شود؛ با این حال، همان‌گونه که منتقدان و دانشگاهیان اذعان دارند، مباحث پیشرفته آن، به ویژه در حوزه دینامیک غیرخطی، برای دانشجویان چالش‌برانگیز باقی می‌ماند. این متن بر خلاف رویه‌های تجاری، خواننده را به خروجی جعبه‌سیاه نرم‌افزارها نمی‌سپارد؛ بلکه هر نتیجه را مستقیماً به مفاهیم فیزیکی جرم، سختی، میرایی و تاریخچه تحریک مرتبط می‌سازد و بدین ترتیب، منطق دینامیک را از دستورکارهای نرم‌افزاری و ضوابط تجویزی آیین‌نامه‌ها تفکیک می‌کند.

ویرایش ششم با یکاهای بین‌المللی (SI)، مبنای این ترجمه است. در این نسخه، تمامی کمیت‌های نیرو، طول، جرم و شتاب به صورت یکپارچه بر دستگاه متریک استوار شده‌اند. برای جامعه مهندسی ایران، این یکپارچگی دارای اهمیت کاربردی و محاسباتی ویژه‌ای است. در ویرایشات آمریکایی، رفت‌وبرگشت مداوم میان یکاهای پوند–اینچ و SI در متن مسائل و مثال‌ها، منشأ بروز خطاهای تبدیل در کلاس‌های درس و دفاتر طراحی است. انتشار نسخه خالص SI این انقطاع محاسباتی را به طور کامل مرتفع می‌سازد.

روند تکامل این اثر نشان می‌دهد که جهش‌های ساختاری عمده در ویرایش‌های چهارم و پنجم با ورود مباحث جداسازی لرزه‌ای و وسایل اتلاف انرژی تکمیلی رخ داد. ویرایش ششم SI، ضمن حفظ چارچوب مستحکم پیشین، گام بلندی در به‌روزرسانی علمی برداشته است. از مهم‌ترین دستاوردهای این ویرایش، افزوده شدن فصل کاملاً جدید بیست‌ودوم با عنوان «دینامیک لرزه‌ای اندرکنش ساختمان–خاک» است که خلأ نسخه‌های پیشین در این زمینه را به شکلی بنیادین پر می‌کند. همچنین، به‌روزرسانی جامع ارجاعات آیین‌نامه‌ای (از جمله کدهای ایالات متحده، کانادا، مکزیک و یوروکد) در فصل بیست‌وسوم، تنقیح بیان تحلیل‌های غیرخطی در فصل بیستم، و ادغام داده‌های آزمایشگاهی جدید درباره جداسازها در فصل بیست‌ویکم، آخرین تنظیمات مؤلف بر پیکره این دانش را منعکس می‌کند.

ترجمه‌های پیشین این اثر در ایران، غالباً بر ویرایش‌های قدیمی‌تر استوار بوده و از تشتت اصطلاحات، عدم حروف‌چینی معادلات و انتقال مستقیم و بدون ویرایش تصاویر لاتین رنج می‌بردند. ترجمه حاضر که با همت نشر علمی صالحین در حجمی بالغ بر ۱۱۰۰ صفحه و طی شش ماه کار پیوسته تدوین شده، متنی است که بدون هیچ‌گونه خلاصه‌سازی و به صورت تمام‌وکمال، پیچیدگی‌ها و ظرایف نسخه اصلی را به زبان فارسی برگردانده است. ترجمه اثری با این سطح از فشردگی ریاضی و غنای مفهومی، نیازمند دقتی طاقت‌فرساست. در این اثر، رویکرد نشر صرفاً برگردان زبانی نبوده است.

تمامی معادلات ریاضی از نو حروف‌چینی شده‌اند تا اندیس‌ها، توان‌ها، نقاط مشتق و نمادهای برداری در متن فارسی دقیق و پایدار بمانند. تمامی اشکال و نمودارها (که بالغ بر ۶۰۰ تصویر است) از ابتدا رسم و فارسی‌سازی شده‌اند تا نام منحنی‌ها، واحدها و محورها با متن کتاب انطباق کامل داشته باشند. همچنین، خطاهای علمی یا لغزش‌های حروفی نسخه اصلی انگلیسی، بدون دخل و تصرف پنهان، در همان موضع اصلاح گردیده و توضیحات فنی مستدل در قالب زیرنویس ارائه شده است تا خواننده در مقام داوری قرار گیرد. واژه‌نامه تخصصی پیوست کتاب نیز تلاشی برای انسجام ترمینولوژیک کل اثر را تضمین می‌کند.

معماری کتاب در سه بخش اصلی و بیست‌وچهار فصل سازمان‌دهی شده است. بخش نخست، شامل فصول یک تا هشت، به بررسی دستگاه یک‌درجه آزادی اختصاص دارد و سنگ بنای فصول آتی است.

فصل اول، معادله بنیادی حرکت را از تعادل دینامیکی استخراج کرده و روش‌های حل را پایه‌گذاری می‌کند.

فصل دوم، مفاهیم ارتعاش آزاد، بسامد طبیعی و نسبت میرایی را بررسی می‌نماید.

فصول سوم و چهارم، پاسخ به تحریکات هارمونیک، دوره‌ای، ضربه‌ای و تحریکات دلخواه را پوشش داده و انتگرال دوهامل را فرمول‌بندی می‌کنند.

در فصل پنجم، با ورود به الگوریتم‌های عددی، اهمیت پایداری و دقت روش‌های انتگرال‌گیری تبیین می‌گردد.

فصول ششم و هفتم، هسته لرزه‌ای این بخش را تشکیل می‌دهند؛ در فصل ششم پاسخ زلزله برای سیستم‌های خطی بررسی شده و در این ویرایش روش‌های نوین ساخت طیف‌های طراحی لرزه‌ای ویژه ساختگاه معرفی می‌گردند. در فصل هفتم نیز پاسخ زلزله سیستم‌های غیرالاستیک تحلیل می‌شود.

فصل هشتم با معرفی سیستم‌های یک‌درجه تعمیم‌یافته، مفهوم جرم مودی را پیش از ورود به محاسبات ماتریسی پایه‌گذاری می‌کند.

بخش دوم، دربرگیرنده فصول نه تا هجده، به بسط مفاهیم در سیستم‌های چنددرجه آزادی می‌پردازد.

فصل نهم به تدوین معادله ماتریسی حرکت اختصاص دارد.

فصل دهم، ارتعاش آزاد، مقادیر ویژه و تعامد مودها را تبیین می‌کند.

فصل یازدهم، مبحث پیچیده میرایی در سازه‌ها را فرمول‌بندی کرده و محدودیت‌های روش‌های کلاسیک را روشن می‌سازد.

فصول دوازدهم و سیزدهم، پاسخ دینامیکی خطی و تحلیل طیفی مودی را به عنوان ابزارهای بنیادین طراحی لرزه‌ای برای سیستم‌های چنددرجه آزادی ارائه می‌دهند.

فصل چهاردهم به تحلیل سیستم‌های خطی با میرایی غیرکلاسیک می‌پردازد که در سازه‌های مجهز به میراگر اهمیت می‌یابد.

فصل پانزدهم روش‌های کاهش درجات آزادی را معرفی کرده و فصل شانزدهم ارزیابی عددی پاسخ دینامیکی را در سیستم‌های بس‌درجه بررسی می‌کند.

فصول هفدهم و هجدهم با پرداختن به سیستم‌هایی با جرم و الاستیسیته توزیع‌شده و درآمدی بر تحلیل پیوستار و روش اجزای محدود، این بخش را تکمیل می‌کنند.

بخش سوم کتاب (فصول نوزده تا بیست‌وچهار)، سازوکار گذار از نظریه به تصمیم‌گیری سازه‌ای در ساختمان‌های چندطبقه است.

فصل نوزدهم، پاسخ لرزه‌ای ساختمان‌های خطی الاستیک را مدل‌سازی می‌کند.

فصل بیستم، به تحلیل زلزله و پاسخ ساختمان‌های غیرالاستیک می‌پردازد که در ویرایش ششم با ادغام پژوهش‌های جدید درباره مدل‌سازی میرایی، غنای بیشتری یافته است.
فصل بیست‌ویکم، دینامیک زلزله را در ساختمان‌های دارای جداساز لرزه‌ای بسط می‌دهد و نشان می‌دهد که جداسازی به معنای انتقال بسامد و افزایش میرایی است.
فصل بیست‌ودوم، دستاورد ویژه این ویرایش، دینامیک اندرکنش ساختمان و خاک را به شکلی تحلیلی ارائه می‌دهد.
فصل بیست‌وسوم مختص بررسی دینامیک سازه در آیین‌نامه‌های ساختمانی است و منطق نهفته در طیف طرح و ضریب رفتار را با ارجاع به استانداردهای به‌روز (نظیر ASCE ۷) رمزگشایی می‌کند؛ در این راستا، تناظرهای مفهومی با استاندارد ۲۸۰۰ ایران در قالب حواشی فنی مترجم تبیین شده است تا از خطاهای انطباقی جلوگیری شود.
نهایتاً، فصل بیست‌وچهارم نقش دینامیک سازه را در دستورالعمل‌های ارزیابی ساختمان‌ها بررسی می‌کند.
در پایان، اذعان به محدودیت‌های کتاب ضروری است. مباحث مربوط به تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی در این اثر جنبه مقدماتی داشته و جایگزین دستورالعمل‌های تخصصی نظیر FEMA P-۵۸ و ASCE ۴۱ نمی‌گردد. همچنین پیچش‌های سه‌بعدی و مدل‌سازی پیشرفته اجزای محدود خارج از دایره تمرکز این متن قرار دارند. با این وجود، ترجمه حاضر از نشر علمی صالحین، به واسطه انضباط اصطلاحی دقیق، حروف‌چینی بی‌نقص ریاضیات و انطباق کامل با دستگاه یکاهای SI، متنی تحلیلی، قابل استناد و پیراسته را در اختیار مهندسان محاسب و محققان تحصیلات تکمیلی قرار می‌دهد که از آسیب‌های رایج در برگردان متون تخصصی مهندسی مصون مانده است. امیدواریم این اثر برای خوانندگان فارسی‌زبان فقط یک کتاب ترجمه‌شده نباشد، بلکه به مرجعی کاربردی، آموزشی و الهام‌بخش تبدیل شود؛ مرجعی که هم برای مطالعه و آموزش قابل استفاده باشد، هم در دفتر طراحی و کلاس درس، و هم در مواجهه با مسائل واقعی اجرا و دیتیل‌پردازی. در نهایت، انتشار این اثر به زبان فارسی را گامی مؤثر در جهت توسعه دانش بومی، کاهش شکاف میان پژوهش و عمل، و فراهم‌سازی زیرساخت علمی لازم برای به‌کارگیری آگاهانه‌تر و گسترده‌تر سامانه‌های کنترل ارتعاشات لرزه‌ای در پروژه‌های مهندسی کشور می‌توان دانست. بابت خطاهای سهوی احتمالی از خوانندگان محترم پوزش می‌طلبیم و از ایشان دعوت می‌کنیم دیدگاه‌ها، پیشنهادها و تذکرات اصلاحی خود را از طریق شمارهو ۰۹۱۲۴۸۸۶۴۹۸، یا از طریق پست الکترونیکی AlirezaSalehin@gmail.com و نیز شناسه **AlirezaSalehin@** در تلگرام با ما در میان بگذارند.

مهندس علیرضا صالحین و دکتر پویا آرزومند لنگرودی امیدی

تابستان ۱۴۰۵

آشنایی با مترجمان

مهندس علیرضا صالحین، متخصص و فعال در حوزه‌های فنی و مهندسی است که تخصص خود را در چند شاخه متمایز شامل مهندسی عمران، معماری، فناوری اطلاعات (IT) و همچنین مکانیک و الکترونیک خودرو توسعه داده است. رویکرد حرفه‌ای ایشان مبتنی بر استفاده از فناوری اطلاعات به عنوان حلقه واسط میان رشته‌های مهندسی است؛ موضوعی که در توانمندی ایشان در ارزیابی نرم‌افزارهای تخصصی عمران و معماری و همچنین سیستم‌های الکترونیکی خودرو نمود پیدا کرده است. ایشان دارای بیش از ۲۰ سال سابقه اجرایی در پروژه‌های عمرانی و ساخت‌وساز هستند. حضور مستمر در محیط‌های کارگاهی و صنعتی باعث شده تا فعالیت ایشان صرفاً به مباحث تئوریک محدود نشود. مهندس صالحین با شناخت چالش‌های اجرایی، به عنوان تحلیلگر و منتقد در صنایع ساخت‌وساز و خودرو فعالیت داشته و هدف اصلی خود را در پروژه‌ها و مستندسازی‌ها، کاهش فاصله میان آموزش‌های آکادمیک دانشگاهی و تقاضاهای واقعی و روزمره بازار کار تعیین کرده‌اند.

در حوزه نشر و ترویج دانش، مهندس صالحین از سال ۱۳۹۲ مسئولیت «مدیریت علمی» نشر دانشگاهی فرهمند را بر عهده دارند. وظیفه ایشان در این سمت، نیازسنجی بازار مهندسی، انتخاب عناوین کاربردی، ارزیابی صحت علمی متون ترجمه‌شده و نظارت بر کیفیت فنی کتب پیش از چاپ است. در ادامه این مسیر، ایشان با هدف توسعه فعالیت‌های مستقل در زمینه تولید محتوای تخصصی، «انتشارات علمی صالحین» را در سال ۱۴۰۴ تأسیس نمودند تا پلتفرم جدیدی برای نشر منابع میان‌رشته‌ای فراهم کنند. حاصل فعالیت‌های مستمر ایشان در مستندسازی و نشر، مشارکت در تولید بیش از ۹۰ عنوان کتاب مرجع و کاربردی (بیش از ۳۵ هزار صفحه کتاب) است. نقش ایشان در این آثار شامل تألیف، ترجمه، گردآوری و ویراستاری علمی است. عمده این کتب بر آموزش نرم‌افزارهای پیشرفته مهندسی عمران و معماری، راهنماهای اجرایی ساختمان و همچنین مباحث فنی خودرو متمرکز هستند و به عنوان منابع کمک‌آموزشی مورد استفاده دانشجویان مهندسی و تکنسین‌های اجرایی قرار می‌گیرند.

دکتر پویا آرزومند امیدی لنگرودی، دارای مدرک دکتری تخصصی (Ph.D) مهندسی عمران در گرایش مهندسی سازه هستند. تمرکز اصلی تخصص و فعالیت‌های پژوهشی ایشان بر مرزهای دانش در حوزه‌های مهندسی سازه و زلزله قرار دارد. این فعالیت‌های علمی به طور ویژه به تحلیل رفتار لرزه‌ای سازه‌های فولادی و همچنین مدل‌سازی‌های پیشرفته عددی در این حوزه اختصاص یافته است.

در بخش دستاوردهای آکادمیک، پژوهش‌های ایشان به انتشار مقالات متعدد در نشریات معتبر بین‌المللی (ISI) منجر شده است. چاپ این مقالات در ژورنال‌هایی با رتبه‌بندی کیفی ممتاز (نظیر Q_1 و Q_2)، نشان‌دهنده اعتبار خروجی‌های پژوهشی ایشان است. افزون بر این، حضور در کمیته‌های علمی و فعالیت به عنوان عضو هیئت داوران در مجلات تخصصی بین‌المللی، جایگاه و نقش ارزیابانه ایشان را در مجامع علمی نشان می‌دهد.

در کنار فعالیت‌های تخصصی مهندسی، دکتر آرزومند حضور فعال و شناخته‌شده‌ای در صنعت نشر کشور دارند. ایشان در جایگاه مؤلف، مترجم و ویراستار فنی با ناشرانی همچون «نشر دانشگاهی فرهمند» و «انتشارات صالحین» همکاری مستمر داشته‌اند. خروجی این همکاری‌ها، انتشار بیش از ۲۵ عنوان کتاب است که علاوه بر منابع تخصصی مهندسی سازه، گستره موضوعی متنوعی شامل روانشناسی و فناوری‌های روز را نیز در بر می‌گیرد و نشان‌دهنده فعالیت میان‌رشته‌ای ایشان است.

بخش اول: سیستم‌های تک‌درجه آزادی

شکل ۱-۱-۱: پرگولا در هتل ماکوتو شرایتون، در نزدیکی کاراکاس ونزوئلا که در اثر زلزله ۲۹ جولای ۱۹٦۷ آسیب دیده است.

فصل ۱: معادلات حرکت، بیان مسئله و روش‌های حل

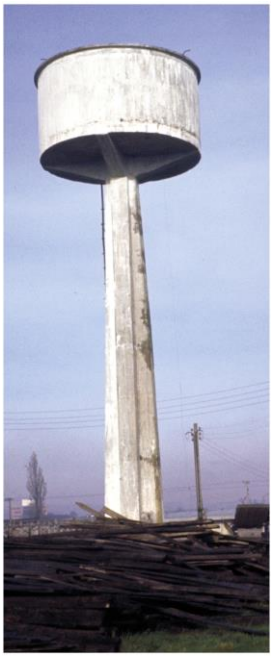
پیش‌درآمد

در این فصل افتتاحیه، مسئله دینامیک سازه‌ها برای سازه‌های ساده‌ای که آن‌ها را به عنوان سیستمی با جرم متمرکز و سازه تکیه‌گاهی بدون جرم می‌توان ایده‌آل‌سازی کرد، فرمول‌بندی شده است. سازه‌های الاستیک خطی و همچنین سازه‌های غیرالاستیک تحت تأثیر نیروی دینامیکی اعمال شده یا جنبش زمین ناشی از زلزله مورد بررسی قرار می‌گیرند. سپس چهار روش برای حل معادله دیفرانسیل حاکم بر حرکت سازه به طور خلاصه مرور می‌شوند. فصل با مروری بر چگونگی سازمان‌دهی مطالعه ما در مورد پاسخ دینامیکی سیستم‌های تک‌درجه آزادی در فصول بعدی به پایان می‌رسد.

۱-۱ سازه‌های ساده

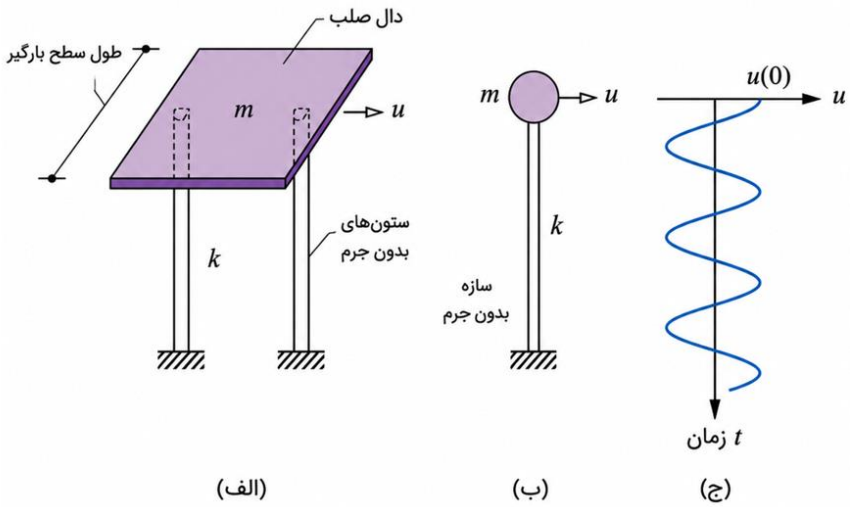
ما مطالعه خود در زمینه دینامیک سازه‌ها را با سازه‌های ساده آغاز می‌کنیم؛ مانند پرگولای نشان داده شده در شکل ۱-۱-۱ و مخزن آب مرتفع در شکل ۱-۱-۲ . ما علاقه‌مند به درک ارتعاش این سازه‌ها زمانی که تحت تأثیر یک نیروی جانبی (یا افقی) در تراز سقف یا جنبش افقی زمین ناشی از یک زلزله قرار می‌گیرند، هستیم.

شکل ۱-۱-۱: این پرگولا (آلاچیق سایبان فولادی) در هتل ماکوتو شرایتون در نزدیکی کاراکاس ونزوئلا، در اثر زلزله ۲۹ جولای ۱۹۶۷ آسیب دید. این واقعه با بزرگای ۶.۵ که مرکز آن در حدود ۲۴ کیلومتری هتل قرار داشت، باعث تغییر شکل بیش از حد ستون‌های لوله‌ای فولادی شد که منجر به تغییر مکان ماندگار سقف به میزان ۲۳ سانتی‌متر گردید. (اقتباس از مجموعه K. V. Steinbrugge، با کسب اجازه از PEER-National Information Service for Earthquake Engineering، دانشگاه کالیفرنیا، برکلی).



شکل ۱-۱-۲: این مخزن بتن‌آرمه بر روی یک تک‌ستون بتنی به ارتفاع ۱۲ متر واقع در نزدیکی فرودگاه والدیویا، در اثر زلزله‌های می ۱۹۶۰ شیلی آسیبی ندید. زمانی که مخزن پر از آب باشد، سازه را به عنوان یک سیستم تک‌درجه آزادی می‌توان تحلیل نمود. (اقتباس از مجموعه K. V. Steinbrugge، با کسب اجازه از PEER-National Information Service for Earthquake Engineering، دانشگاه کالیفرنیا، برکلی).

ما این سازه‌ها را ساده می‌نامیم زیرا می‌توان آن‌ها را به عنوان یک جرم متمرکز یا مجتمع mکه توسط یک سازه بدون جرم با سختی k در جهت جانبی حمایت می‌شود، ایده‌آل‌سازی کرد. چنین ایده‌آل‌سازی برای این پرگولا با سقف بتنی سنگین که توسط ستون‌های لوله‌ای فولادی سبک حمایت می‌شود و آن‌ها را بدون جرم می‌توان فرض کرد، مناسب است. سقف بتنی بسیار صلب است و انعطاف‌پذیری سازه در حرکت جانبی (یا افقی) تماماً توسط ستون‌ها تأمین می‌شود. سیستم ایده‌آل شده در شکل ۱-۱-۳ الف با یک جفت ستون که طول بارگیر سقف بتنی را نگه می‌دارند، نشان داده شده است. این سیستم دارای جرم متمرکز m برابر با جرم سقف نشان داده شده است و سختی جانبی آن k برابر با مجموع سختی‌های ستون‌های لوله‌ای مجزا می‌باشد. ایده‌آل‌سازی مشابهی که در شکل ۱-۱-۳ ب نشان داده شده است، برای مخزن در زمانی که پر از آب است، مناسب محسوب می‌شود. در صورتی که تلاطم آب در یک مخزن پر امکان‌پذیر نباشد، سیستم به صورت یک جرم متمرکز m است که توسط یک برج نسبتاً سبک که آن را بدون جرم می‌توان فرض کرد، حمایت می‌شود. برج طره‌ای که مخزن آب را نگه می‌دارد، سختی جانبی k را برای سازه تأمین می‌کند. در حال حاضر فرض خواهیم کرد که حرکت جانبی این سازه‌ها به اندازه‌ای کوچک است که سازه‌های تکیه‌گاهی در محدوده الاستیک خطی خود تغییر شکل می‌دهند.

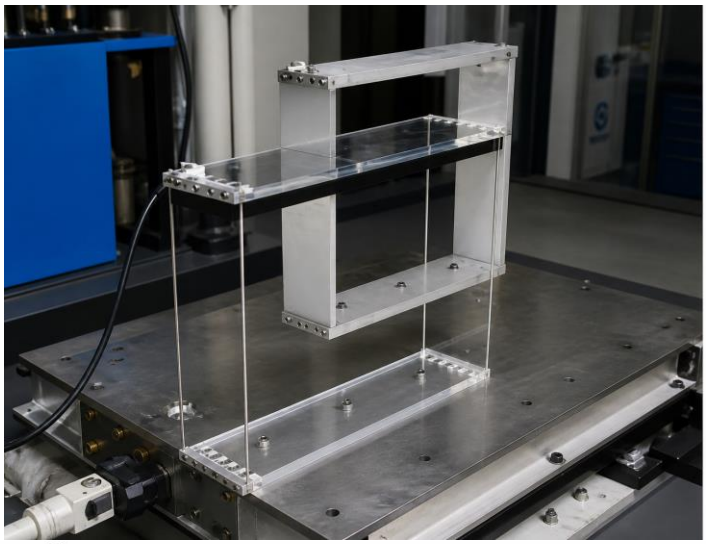


شکل ۱-۱-۳: (الف) پرگولای ایده‌آل شده؛ (ب) مخزن آب ایده‌آل شده؛ (ج) ارتعاش آزاد ناشی از تغییر مکان اولیه.

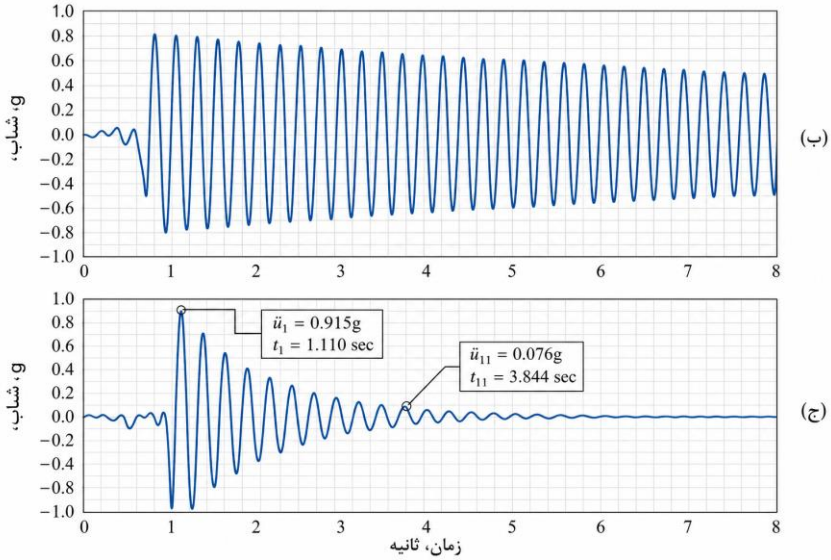
بعداً در این فصل خواهیم دید که معادله دیفرانسیل حاکم بر تغییر مکان جانبی $u(t)$ این سازه‌های ایده‌آل شده بدون هیچ‌گونه تحریک خارجی — نیروی اعمال شده یا جنبش زمین — عبارت است از:

$$m\ddot{u} + ku = ۰ \qquad (۱,۱,۱)$$

که در آن نقطه روی متغیر نشان‌دهنده مشتق نسبت به زمان است؛ بنابراین $\dot{u}$ بیانگر سرعت جرم و $\ddot{u}$ نشان‌دهنده شتاب آن محسوب می‌شود. حل این معادله که در فصل ۲ ارائه خواهد شد، نشان می‌دهد که اگر جرم سیستم‌های ایده‌آل شده در شکل ۱-۱-۳ تحت یک تغییر مکان اولیه $u(۰)$ قرار گرفته، سپس رها شده و اجازه داده شود به طور آزادانه ارتعاش کند، سازه به صورت رفت و برگشتی حول موقعیت تعادل اولیه خود نوسان می‌کند. همان‌طور که در شکل ۱-۱-۳ ج مشاهده می‌شود، همان حداکثر تغییر مکان در نوسان‌های متوالی تکرار می‌گردد؛ این نوسانات تا ابد ادامه می‌یابند و این سیستم‌های ایده‌آل شده هرگز به سکون نخواهند رسید. البته این موضوع غیرواقعی است. شهود حکم می‌کند که اگر سقف پرگولا یا بالای مخزن آب توسط یک طناب به صورت جانبی کشیده شده و طناب ناگهان قطع شود، سازه با دامنه‌ای که به طور مداوم کاهش می‌یابد نوسان کرده و در نهایت به سکون می‌رسد. چنین آزمایشاتی بر روی مدل‌های آزمایشگاهی قاب‌های یک‌طبقه انجام شده و رکوردهای اندازه‌گیری شده از پاسخ ارتعاش آزاد آن‌ها در شکل ۱-۱-۴ ارائه شده است. همان‌طور که انتظار می‌رفت، حرکت این مدل‌های سازه‌ای با گذشت زمان زوال می‌یابد. مشاهده کنید که حرکت مدل پلکسی‌گلاس نسبت به قاب آلومینیومی با سرعت بیشتری مستهلک می‌شود.



(الف)

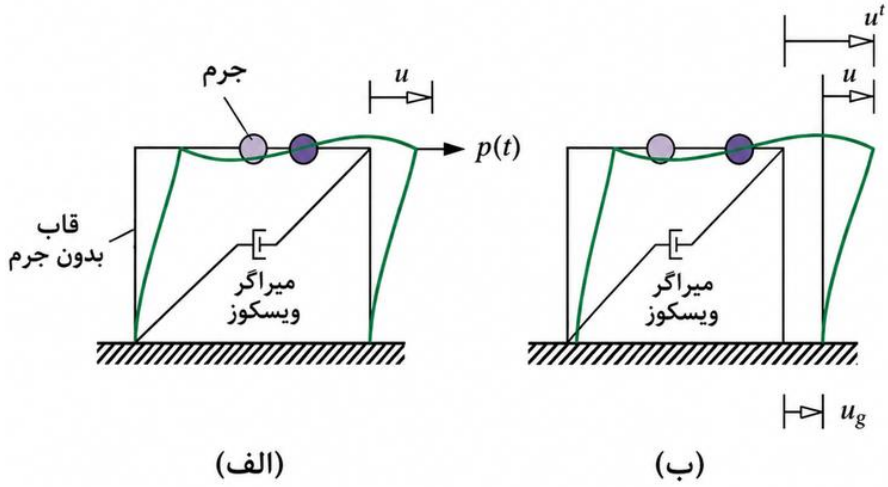


شکل ۱-۱-٤: (الف) مدل قاب‌های آلومینیومی و پلکسی‌گلاس نصب شده بر روی یک میز لرزان کوچک که برای نمایش کلاسی در دانشگاه کالیفرنیا در برکلی استفاده می‌شود؛ (ب) رکورد ارتعاش آزاد مدل آلومینیومی؛ (ج) رکورد ارتعاش آزاد مدل پلکسی‌گلاس.

فرآیندی که طی آن ارتعاش به طور پیوسته در دامنه کاهش می‌یابد، میراسازی (Damping) نامیده می‌شود. انرژی جنبشی و انرژی کرنشی سیستم در حال ارتعاش توسط مکانیسم‌های مختلف میراسازی که بعداً به آن‌ها اشاره خواهیم کرد، تلف می‌شوند. در حال حاضر، صرفاً تشخیص می‌دهیم که یک مکانیسم اتلاف انرژی باید در ایده‌آل‌سازی سازه گنجانده شود تا بتوان ویژگی میراییِ حرکتِ مشاهده شده در طول آزمایشات ارتعاش آزاد یک سازه را مدل‌سازی کرد. پرکاربردترین المان میراکننده، میراگر ویسکوز (Viscous Damper) است که بخشی از این مقبولیت به دلیل سادگیِ برخورد ریاضی با آن می‌باشد. در فصول ۲ و ۳ مکانیسم‌های دیگر اتلاف انرژی را معرفی می‌کنیم.

۱-۲ سیستم تک‌درجه آزادی

سیستم مورد بررسی به صورت شماتیک در شکل ۱-۲-۱ نشان داده شده است. این سیستم از یک جرم متمرکز mدر تراز سقف، یک قاب بدون جرم که وظیفه تأمین سختی را بر عهده دارد و یک میراگر ویسکوز (که تحت عنوان دشپات نیز شناخته می‌شود) جهت اتلاف انرژی ارتعاشی سیستم تشکیل می‌گردد. تیر و ستون‌ها در امتداد محوری، غیرقابل‌توسعه (صلب محوری) فرض می‌شوند.



شکل ۱-۲-۱: سیستم تک‌درجه آزادی: (الف) نیروی اعمالی $p(t)$؛ (ب) جنبش زمین ناشی از زلزله.

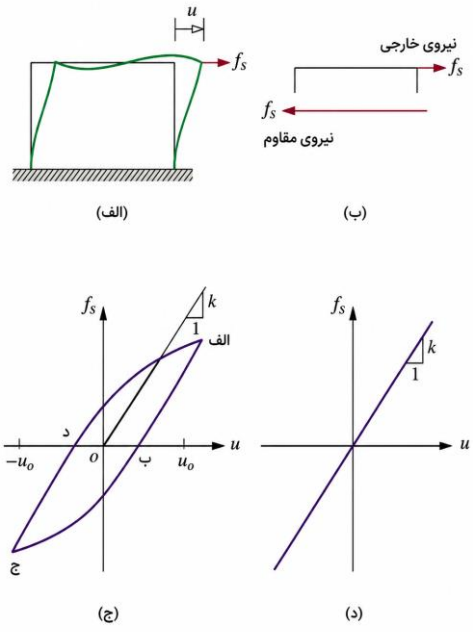
این سیستم را به عنوان ایده‌آل‌سازیِ یک سازه یک‌طبقه می‌توان در نظر گرفت. هر یک از اعضای سازه‌ای (مانند تیر، ستون، دیوار و موارد مشابه) در سازه واقعی، در ویژگی‌های اینرسی (جرم)، الاستیک (سختی یا انعطاف‌پذیری) و اتلاف انرژی (میراییِ) سازه مشارکت دارند. با این حال، در سیستم ایده‌آل شده، هر یک از این ویژگی‌ها در سه جزء/المان مجزا و خالص متمرکز شده‌اند که شامل المان جرمی، المان سختی و المان میرایی محسوب می‌شوند.

تعداد تغییر مکان‌های مستقلی که برای تعریف موقعیت‌های تغییر مکان‌یافته تمامی جرم‌ها نسبت به موقعیت اولیه آن‌ها مورد نیاز است، تحت عنوان تعداد درجات آزادی ($DOFs$) برای تحلیل دینامیکی نامیده می‌شود. معمولاً برای تعریف ویژگی‌های سختی یک سازه، در مقایسه با درجات آزادی مورد نیاز جهت نمایش ویژگی‌های اینرسی، به درجات آزادی بیشتری نیاز خواهد بود. قاب یک‌طبقه نشان داده شده در شکل ۱-۲-۱ را در نظر بگیرید که مقید شده است تا صرفاً در راستای تحریک حرکت کند. مسئله تحلیل استاتیکی باید با استفاده از سه درجه آزادی —— شامل تغییر مکان جانبی و دو دوران مفصل —— فرمول‌بندی گردد تا سختی جانبی قاب را بتوان تعیین کرد (به بخش ۱-۳ مراجعه شود). در مقابل، در صورتی که سازه با جرم متمرکز در یک مکان (معمولاً تراز سقف) ایده‌آل‌سازی شود، برای تحلیل دینامیکی تنها دارای یک درجه آزادی (تغییر مکان جانبی) خواهد بود. بنابراین، این سیستم را یک سیستم تک‌درجه آزادی (SDF) می‌نامیم.

دو نوع تحریک دینامیکی مورد بررسی قرار خواهد گرفت: (۱) نیروی خارجی $p(t)$ در راستای جانبی (شکل ۱-۲-۱ الف) و (۲) جنبش زمین ناشی از زلزله $u_g(t)$ (شکل ۱-۲-۱ ب). در هر دو حالت، u نشان‌دهنده تغییر مکان نسبی میان جرم و پایه سازه به شمار می‌رود.

۱-۳ رابطه نیرو-تغییر مکان

سیستم نشان داده شده در شکل ۱-۳-۱ الف را بدون حضور هیچ‌گونه تحریک دینامیکی در نظر بگیرید که صرفاً تحت تأثیر یک نیروی استاتیکی اعمال شده خارجی f_S در امتداد درجه آزادی u قرار گرفته است. نیروی داخلیِ مقاومت‌کننده در برابر تغییر مکان u، با نیروی خارجی f_S برابر بوده و در جهت مخالف آن عمل می‌کند (شکل ۱-۳-۱ ب). مطلوب است که رابطه میان نیروی f_S و تغییر مکان نسبی u مرتبط با تغییر شکل های سازه در طول حرکت نوسانی تعیین گردد. این رابطه نیرو–تغییر مکان در تغییر شکل های کوچک به صورت خطی خواهد بود، اما در تغییر شکل های بزرگ‌تر رفتار غیرخطی از خود نشان می‌دهد (شکل ۱-۳-۱ ج)؛ در این مبحث هر دو رابطه غیرخطی و خطی مورد بررسی قرار می‌گیرند (شکل ۱-۳-۱ ج و د).



شکل ۱-۳-۱

تعیین رابطه میان f_S و u یک مسئله استاندارد در تحلیل استاتیکی سازه‌ها محسوب می‌شود و فرض بر این است که خواننده با چنین تحلیلاتی آشنایی قبلی دارد. بنابراین، مطالب ارائه‌شده در اینجا به صورت خلاصه بوده و منحصراً به جنبه‌های ضروری محدود می‌گردد.

۱-۳-۱ سیستم‌های الاستیک خطی

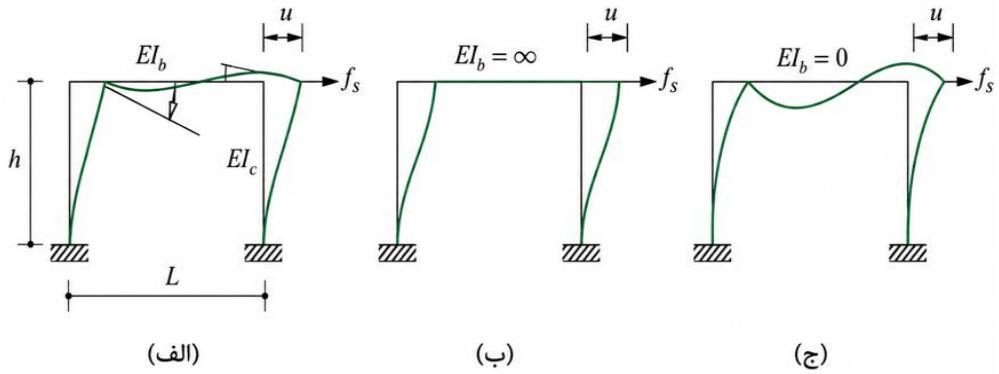
برای یک سیستم خطی، رابطه میان نیروی جانبی f_S و تغییر شکل ناشی از آن یعنی uبه صورت خطی است، به این معنا که:

$$f_S = ku \qquad (۱,۳,۱)$$

که در آن k نمایانگر سختی جانبی سیستم است و واحدهای آن به صورت نیرو بر طول بیان می‌شود. در معادله (۱-۳-۱) این فرض نهفته است که رابطه خطی $f_S - u$ تعیین‌شده برای تغییر شکل های کوچک سازه، برای تغییر شکل

های بزرگ‌تر نیز معتبر خواهد بود. این رابطه خطی نشان‌دهنده آن است که f_S یک تابع تک‌مقداری از u به شمار می‌رود (بدین معنا که منحنی‌های بارگذاری و باربرداری کاملاً یکسان هستند). چنین سیستمی را الاستیک می‌نامند؛ از این رو، از اصطلاح سیستم الاستیک خطی استفاده می‌کنیم تا به طور هم‌زمان بر روی هر دو ویژگی تأکید داشته باشیم. قاب نشان داده شده در شکل ۱-۳-۲ الف را با عرض دهانه L، ارتفاع h، مدول الاستیسیته E و گشتاور دوم مساحت مقطع (یا ممان اینرسی) † حول محور خمش به میزان I_b و I_c (به ترتیب برای تیر و ستون‌ها) در نظر بگیرید؛ ستون‌ها در تراز پایه گیردار (یا ثابت) شده‌اند و تمامی اعضاء از لحاظ محوری صلب فرض می‌شوند. سختی جانبی این قاب را به راحتی برای دو حالت حدی می‌توان تعیین نمود: اگر تیر به صورت کامل صلب باشد [یعنی صلبیت خمشی $EI_b = \infty$ (شکل ۱-۳-۲ ب)]،

$$k = \sum_{\text{columns}} \frac{۱۲EI_c}{h^۳} = ۲۴\frac{EI_c}{h^۳} \qquad (۱,۳,۲)$$



شکل ۱-۳-۲

† در این کتاب، اصطلاح ارجح برای پارامتر I، گشتاور دوم سطح (second moment of area) است، به جای اصطلاح رایج ممان اینرسی (moment of inertia)؛ اصطلاح اخیر برای تعریف آثار اینرسی مرتبط با حرکت دورانی اجسام صلب رزرو خواهد شد.

از سوی دیگر، برای تیری که فاقد هرگونه سختی باشد [یعنی $EI_b = ۰$ (شکل ۱-۳-۲ ج)]، خواهیم داشت:

$$k = \sum_{\text{columns}} \frac{۳EI_c}{h^۳} = ۶\frac{EI_c}{h^۳} \qquad (۱,۳,۳)$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود، برای این دو مقدار حدی از سختی تیر، سختی جانبی قاب کاملاً مستقل از پارامتر L (طول تیر یا عرض دهانه) عمل می‌کند.

سختی جانبی قاب با در نظر گرفتن سختی میانی و واقع‌بینانه برای تیر، از طریق رویه‌های استاندارد تحلیل استاتیکی سازه‌ها قابل محاسبه است. ماتریس سختی این قاب با توجه به سه درجه آزادی فرمول‌بندی می‌گردد که عبارتند از: تغییر مکان جانبی u و دوران‌های دو اتصال تیر به ستون (شکل ۱-۳-۲ الف). با استفاده از تکنیک چگالش استاتیکی (*static condensation*) یا حذف درجات آزادی دورانی، رابطه نیرو-تغییر مکانِ جانبی بیان‌شده در معادله (۱-۳-۱) تعیین می‌شود. با اعمال این رویه بر روی قابی با شرایط $L = ۲h$ و $EI_b = EI_c$، سختی جانبی آن به شرح زیر به دست می‌آید (به مثال ۱-۱ مراجعه شود):