



دانشگاه تربیت مدرس شهید رجایی

# مکانیک کاربردی شوک و ضربه

تألیف:

گریگوری زولازینسکی

ترجمه:

دکتر فرامرز آشنای قاسمی

عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس شهید رجایی

مهندس سعید شیری

کارشناس ارشد مهندسی مکانیک

سر شناسنامه	: زولازینسکی، گریگوری، ۱۹۴۰-م. Szuladzinski, Gregory
عنوان و نام پدیدآور	: مکانیک کاربردی شوک و ضربه/ تالیف گریگوری زولازینسکی؛ ترجمه فرامرز آشنای قاسمی، سعید شیری.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	: ش، ۵۸۰ص؛ مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۹۴-۶۸-۲
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: Formulas for mechanical and structural shock and impact.
یادداشت	: واژه‌نامه
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۶۱۸.
موضوع	: ضربه (فیزیک) - الگوهای ریاضی
موضوع	: Impact – Mathematical models
موضوع	: شوک مکانیکی - الگوهای ریاضی
موضوع	: Shock (Mechanics) -- Mathematical models
موضوع	: ریاضیات مهندسی - فرمول‌ها
موضوع	: Engineering mathematics – Formulae
شناسه افزوده	: آشنای قاسمی، فرامرز، ۱۳۴۷ - مترجم
شناسه افزوده	: شیری، سعید، ۱۳۶۸ - مترجم
شناسه افزوده	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
شناسه افزوده	: Shahid Rajae Teacher Training University
رده بندی کنگره	: TA۳۵۴/ز۹م۷ ۱۳۹۵
رده بندی دیویی	: ۶۲۴/۱۷۶
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۳۰۴۱۵۶



دانشگاه تربیت دبیر رجایی

عنوان	: مکانیک کاربردی شوک و ضربه
ترجمه	: دکتر فرامرز آشنای قاسمی عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، مهندس سعید شیری کارشناس ارشد مهندسی مکانیک
ویراستار علمی	: دکتر فرامرز آشنای قاسمی
ویراستار ادبی	: دکتر یداله بهمنی
نوبت چاپ	: اول - تابستان ۱۳۹۵
انتشارات	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
لیتوگرافی	: فردوس
چاپ	: فرانقش
طراح جلد	: عباس مرادی
ناظر چاپ	: محمد معتمدی نژاد
کارشناس و صفحه‌آرا	: نیره فیروزی
شمارگان	: ۱۰۰۰ جلد
قیمت	: ۴۰۰,۰۰۰ ریال
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۹۴-۶۸-۲
ISBN: 978-600-6594-68-2	

کلیه حقوق این اثر برای مؤلفین و مترجمین و دانشگاه تربیت دبیر شهیدرجایی محفوظ است.

نشانی: تهران، لویزان - کد پستی ۱۵۸۱۱-۱۶۷۸۸ - صندوق پستی ۱۶۳ - ۱۶۷۸۵ - تلفن: (۲۶۳۲) ۹ - ۲۲۹۷۰۰۶۰.

۲۲۹۷۰۰۷۰، تلفکس: ۲۲۹۷۰۰۴۲، پست الکترونیکی: Publish@srutu.edu، وب سایت: http://Publish.srutu.edu

# فهرست مطالب

صفحه	عنوان
ک	پیش‌گفتار
م	گفتار مترجمان
س	درباره نویسنده
ف	فهرست نمادها و علامت‌های اختصاری
۱	<b>فصل ۱ مفاهیم و تعاریف</b>
۱	چکیده
۱	سفتی و فرکانس طبیعی
۳	تشابه بین حرکت دورانی و انتقالی
۳	آحاد
۵	نیروی اینرسی و تعادل دینامیکی
۵	تنش معادل و ضریب اطمینان
۷	<b>فصل ۲ فرکانس طبیعی</b>
۷	چکیده
۷	تعیین فرکانس طبیعی با روش مستقیم و روش انرژی
۸	اجسام با توزیع جرم پیوسته
۸	معادله‌های حرکت: میله و شفت
۱۰	معادله‌های حرکت: کابل و تیر برشی
۱۲	معادله‌های حرکت: تیر خمشی
۱۲	تیرهای روی بستر الاستیک
۱۳	محیط الاستیک پیوسته
۱۳	انواع آرایش‌های سازه‌ای
۱۳	نوسانگری با دو جرم
۱۴	سفت‌شدگی هندسی
۱۵	نیروی کمانش، نیروی بحرانی، سفتی و فرکانس

۱۶	روش انحراف استاتیکی، روش دانکرلی و افزودن انعطاف‌پذیری
۱۷	سیستم جرم گسترده با یک جرم متمرکز
۱۸	ویژگی‌های تقارن
۲۰	توضیحات پایانی
۲۱	مسائل (۱-۲ تا ۴۹-۲)
۳۱	مثال‌ها (۱-۲ تا ۶-۲)
۳۵	<b>فصل ۳ سیستم‌های خطی ساده</b>
۳۵	چکیده
۳۵	معادله‌های حرکت
۳۶	حرکت آزاد نامیرا
۳۷	حرکت اجباری نامیرا
۳۸	حرکت آزاد میرا
۳۹	حرکت اجباری میرا
۴۰	پاسخ نوسانگر به بارگذاری پله‌ای
۴۱	پاسخ یک نوسانگر به بار تکانشی
۴۲	پاسخ نوسانگر به پالس‌های مثلثی
۴۴	خلاصه‌ای از پاسخ به پالس‌های منفرد
۴۴	بارهای شوک چندگانه
۴۶	جداسازی شوک
۴۷	انواع میرایی
۵۱	مسائل (۱-۳ تا ۳۹-۳)
۶۳	مثال‌ها (۱-۳ تا ۹-۳)
۶۹	<b>فصل ۴ سیستم‌های غیرخطی ساده</b>
۶۹	چکیده
۶۹	توضیحات کلی درباره‌ی خاصیت غیرخطی
۷۰	سیستم‌های الاستیک غیرخطی
۷۲	خاصیت غیرخطی ماده، مواد شکل‌پذیر
۷۴	برش و پیچش شفت‌ها
۷۵	خواص بتن
۷۶	تنش و کرنش در گستره‌ی تغییرشکل‌های بزرگ
۷۷	بعضی از مشخصه‌های پاسخ

۷۸	مدت زمان حرکت روبه جلو با سرعت اولیه‌ی معین .....
۸۰	مشخصات یک گاز پلی تروپیک .....
۸۱	تغییر مکان‌های بزرگ المان‌های ساده .....
۸۲	حلقه‌ها و پوسته‌های ضخیم از جنس ماده‌ی EPP .....
۸۴	جسمی با جرم متغیر .....
۸۷	مسائل (۱-۴ تا ۳۰-۴) .....
۹۹	مثال‌ها (۱-۴ تا ۱۱-۴) .....
۱۰۷	<b>فصل ۵ انتشار موج</b> .....
۱۰۷	چکیده .....
۱۰۷	حل اصلی معادله‌ی حرکت .....
۱۰۹	ایجاد آشفتگی انتهایی .....
۱۱۱	مفهوم امواج رونده، ارتعاش و یک موج ساکن .....
۱۱۲	میله‌ی نامقید تحت فشار در انتها .....
۱۱۳	برخورد امواج .....
۱۱۴	انتقال امواج بین مواد با خواص متفاوت .....
۱۱۵	امواج در میله‌هایی از جنس ماده‌ی غیرخطی .....
۱۱۷	میزان گسترش یک موج پلاستیک .....
۱۱۹	میله‌ی اصابت‌کننده به دیوار صلب، گستره‌ی غیرالاستیک .....
۱۲۰	میله‌ی مقید تحت فشار در انتها .....
۱۲۱	تغییر شکل پیچشی شفت‌ها .....
۱۲۲	امواج شوک قوی .....
۱۲۴	امواج حجمی در یک محیط الاستیک نامحدود .....
۱۲۵	امواج در نیم‌فضای الاستیک .....
۱۲۷	مرز غیرانعکاسی .....
۱۲۸	از بین رفتن پالس به دلیل میرایی ماده .....
۱۲۹	نکاتی درباره‌ی مدل‌سازی اجزا محدود حرکت موج .....
۱۳۱	توضیحاتی در رابطه با محدودیت برخی از روش‌های حل .....
۱۳۱	توضیحات پایانی .....
۱۳۳	مسائل (۱-۵ تا ۳۰-۵) .....
۱۴۱	مثال‌ها (۱-۵ تا ۲۲-۵) .....
۱۵۵	<b>فصل ۶ معیار تسلیم و خرابی</b> .....

۱۵۵	چکیده
۱۵۵	نظریه‌های اصلی تنش ترکیبی
۱۵۸	خرابی تحت بار اعمالی
۱۵۸	اثرات نرخ کرنش بر روی نمونه‌هایی از مواد پیوسته
۱۶۰	مفهوم ماده‌ی متعادل
۱۶۱	استحکام اجزای شکافدار تحت بارگذاری دینامیکی
۱۶۳	نرخ کرنش در بتن
۱۶۴	توضیحات پایانی
۱۶۵	مثال‌ها (۱-۶ تا ۲-۶)
۱۶۷	<b>فصل ۷ ضربه</b>
۱۶۷	چکیده
۱۶۷	ضربه‌ی مرکزی بر دیوار صلب
۱۶۹	ضربه‌ی ذره بر سطح صلب
۱۶۹	ضربه‌ی حجمی بر سطح بدون اصطکاک
۱۷۰	ضربه‌ی حجمی بر سطح بدون لغزش
۱۷۱	جسم دوار اصابت‌کننده به یک سطح
۱۷۲	نیروی ضربه‌ی بیشینه و مدت‌زمان ضربه
۱۷۴	فرمول‌های تغییرشکل موضعی برای تماس الاستیک
۱۷۵	پارامترهای ضربه بر طبق نظریه‌ی هرتز
۱۷۷	تماس الاستوپلاستیک و تماس کاملاً پلاستیک
۱۷۹	جرم صلب اصابت‌کننده به یک میله‌ی محوری
۱۸۱	میله‌ی محوری با فنری در انتها
۱۸۱	توضیحات پایانی
۱۸۳	مسائل (۱-۷ تا ۳۳-۷)
۱۸۳	توضیحات
۱۹۳	مثال‌ها (۱-۷ تا ۱۸-۷)
۲۰۳	<b>فصل ۸ برخورد</b>
۲۰۳	چکیده
۲۰۳	برخورد مرکزی اجسام
۲۰۵	برخورد ذرات در یک صفحه
۲۰۶	برخورد دو جسم و اثر اصطکاک

۲۰۷	ضربه بر جسمی که آزادانه می تواند حول محور ثابت بچرخد
۲۰۸	پارامترهای برخورد با مشخصه‌ی خطی
۲۰۸	پارامترهای برخورد با مشخصه‌ی غیرخطی
۲۰۹	بار شوک بر روی اجسام نامقید و مفهوم تعادل دینامیکی
۲۱۰	برخورد محوری دو میله با خواص مشابه
۲۱۱	برخورد محوری دو میله با خواص متفاوت
۲۱۲	روش برخورد برای مساله‌ی ضربه‌ی جرم - تیر
۲۱۳	برخورد توام با امواج شوک قوی
۲۱۵	مسائل (۸-۱ تا ۸-۱۸)
۲۱۵	توضیحات
۲۲۳	مثال‌ها (۸-۱ تا ۸-۸)
۲۲۹	<b>فصل ۹ کابل‌ها و نخ‌ها</b>
۲۲۹	چکیده
۲۲۹	استاتیک کابل‌ها
۲۳۱	انرژی کرنشی و کار
۲۳۲	حرکت گذرای کابل
۲۳۵	کابل غیرالاستیک
۲۳۶	ضربه‌ی پرتابه
۲۳۷	آشفستگی انتها در حرکت کابل
۲۳۸	توضیحات پایانی
۲۳۹	مسائل (۹-۱ تا ۹-۱۴)
۲۴۵	مثال‌ها (۹-۱ تا ۹-۹)
۲۵۱	<b>فصل ۱۰ تیرها</b>
۲۵۱	چکیده
۲۵۱	روابط اصلی
۲۵۱	خمش خالص
۲۵۳	ثابت‌های مقاطع
۲۵۴	خواص استاتیکی و دینامیکی تیرهای الاستیک
۲۵۶	بارگذاری گسترده، گستره‌ی الاستیک
۲۵۶	تخمین پاسخ به پالس‌های بار مستطیلی
۲۵۷	تخمین‌های دیگر بیشینه پاسخ

۲۵۸	پاسخ به دیگر شکل‌های تکانه.....
۲۵۹	دقت روش SDOF.....
۲۵۹	بارهای نقطه‌ای، گستره‌ی الاستیک .....
۲۵۹	پاسخ گذاری تیر ناشی از اعمال ناگهانی یک بار نقطه‌ای.....
۲۶۱	پاسخ کلی یک تیر الاستیک به ضربه‌ی ناشی از بار نقطه‌ای.....
۲۶۳	اثر تغییرشکل برشی و نیروی محوری تقویتی.....
۲۶۳	ضربه‌ی جرم - تیر .....
۲۶۳	روش‌های پارامتری جرم متمرکز برای مساله‌ی ضربه‌ی جرم - تیر .....
۲۶۴	کاربرد مفهوم تیر برشی.....
۲۶۵	روش ضربه‌ی جرم - تیر با لحاظ تغییرشکل گذرای تیر.....
۲۶۷	انرژی کرنشی الاستیک و شکل‌های خیز یافته‌ی تقریبی.....
۲۶۸	بارگذاری گسترده، گستره‌ی غیرالاستیک .....
۲۶۸	فرضیات و روش‌ها.....
۲۶۹	مقادیر حدی گشتاور خمشی و نیروی برشی .....
۲۷۰	مقادیر فروپاشی استاتیکی برای بار گسترده .....
۲۷۱	تخمین‌های ساده‌شده برای پاسخ دینامیکی .....
۲۷۳	اثر مدل ماده و شکل فرضی .....
۲۷۴	بارهای نقطه‌ای، گستره‌ی غیرالاستیک .....
۲۷۴	پاسخ اصلی بارهای نقطه‌ای.....
۲۷۵	تیرهای نامحدود یا نیمه‌نامحدود، مفاصل ساکن و مفاصل متحرک.....
۲۷۷	تیرهای نامقید با طول محدود، بار پله‌ای، مفاصل ساکن.....
۲۷۸	برخی حالت‌های توزیع کرنش در امتداد یک تیر .....
۲۸۰	پیشینه‌ی تغییرشکل در هنگام وجود مفاصل پلاستیک .....
۲۸۱	مباحث ویژه .....
۲۸۱	برخورد با سرعت بالای دو تیر .....
۲۸۲	تیرهای روی بستر الاستیک .....
۲۸۳	تیرهای ساندویچی.....
۲۸۴	تیرهای لایه‌ای.....
۲۸۵	استحکام دینامیکی یک حلقه‌ی دایره‌ای در حرکت شعاعی .....
۲۸۶	توضیحات پایانی .....
۲۸۷	مسائل (۱۰-۱ تا ۱۰-۳۸) .....



۳۰۱	..... مثال‌ها (۱۰-۱ تا ۲۲-۱۰)
۳۱۷	..... <b>فصل ۱۱ ستون‌ها و تیر - ستون‌ها</b>
۳۱۷	..... چکیده
۳۱۷	..... تیرهای تحت فشار محوری
۳۱۹	..... انرژی کرنشی در یک ستون الاستیک
۳۱۹	..... کمانش در هنگام تجاوز بیشینه تنش از نقطه‌ی تسلیم
۳۲۱	..... ستون با دو بال متقارن
۳۲۲	..... ظرفیت مقطع تحت مولفه‌های بار ترکیبی
۳۲۳	..... تراکم ستون‌های ناقص، استحکام تسلیم و پاسخ پس از تسلیم
۳۲۶	..... کمانش دینامیکی عضوهای الاستیک
۳۲۷	..... کمانش الاستیک مرتبه بالای ستون‌های ناقص
۳۲۸	..... ستون بتنی مسلح
۳۳۲	..... مدل‌های قطعه‌ی صلب از تیرهای تحت ضربه‌ی محوری
۳۳۴	..... تیرهای بدون انتقال نقاط انتهایی
۳۳۷	..... توضیحات پایانی
۳۳۹	..... مسائل (۱۱-۱ تا ۱۱-۲۹)
۳۳۹	..... توضیحات
۳۵۳	..... مثال‌ها (۱۱-۱ تا ۱۱-۲۰)
۳۶۷	..... <b>فصل ۱۲ ورق‌ها و پوسته‌ها</b>
۳۶۷	..... چکیده
۳۶۷	..... روابط اصلی
۳۶۷	..... معادلات حاکم
۳۶۹	..... خواص استاتیکی ورق‌های الاستیک
۳۷۱	..... ورق برشی
۳۷۲	..... بارگذاری فشاری، گستره‌ی الاستیک
۳۷۲	..... پاسخ ورق‌ها به بارگذاری شوک فشاری در گستره‌ی الاستیک
۳۷۴	..... بارهای نقطه‌ای، گستره‌ی الاستیک
۳۷۴	..... پاسخ گذرای ورق به بار نقطه‌ای
۳۷۶	..... پاسخ کلی
۳۷۷	..... ضربه‌ی جرم - ورق
۳۷۸	..... مقادیر حدی نیروهای داخلی و آستانه‌ی تسلیم

۳۷۹.....	گستره‌ی غیرالاستیک
۳۷۹.....	بار فروپاشی استاتیکی تحت بارگذاری فشاری
۳۸۱.....	تخمین‌های خیز دینامیکی تحت فشار
۳۸۳.....	پوسته‌های استوانه‌ای و کروی
۳۸۳.....	پوسته‌ی استوانه‌ای طویل، تحت فشار بدون قیود انتهایی
۳۸۳.....	پوسته‌ی استوانه‌ای با بار نامتقارن متغیر در امتداد محور
۳۸۵.....	پوسته‌ی استوانه‌ای دوسر گیردار تحت بارگذاری فشاری
۳۸۶.....	بارهای فروپاشی استاتیکی برای پوسته‌های استوانه‌ای
۳۸۸.....	پوسته‌های سفت‌شده توسط حلقه‌های هم‌فاصله
۳۸۸.....	پاسخ دینامیکی پوسته‌ها
۳۸۹.....	توضیحات پایانی
۳۹۱.....	مسائل (۱-۱۲ تا ۱۲-۲۵)
۴۰۱.....	مثال‌ها (۱-۱۲ تا ۸-۱۲)
۴۰۷.....	<b>فصل ۱۳ اثرات دینامیکی انفجار</b>
۴۰۷.....	چکیده
۴۰۷.....	اثرات فیزیکی انفجار
۴۰۹.....	مفهوم انفجار آبی، قانون ۷
۴۰۹.....	خواص اصلی مواد منفجره
۴۱۰.....	خرج کروی معلق در هوا
۴۱۱.....	خرج نیم‌کروی بر روی یک سطح جامد
۴۱۲.....	پیش‌رانش ترکش‌های محفظه‌ی جامد توسط انفجار
۴۱۳.....	انفجار تماسی بر روی یک سطح سخت
۴۱۴.....	تکانه در مجاورت سطح
۴۱۵.....	انفجار در بالای سطح زمین
۴۱۵.....	بارهای ناشی از یک انفجار دور بر اجسام جامد ثابت
۴۱۷.....	برهم‌کنش موج انفجار با اجسام جامد متحرک
۴۲۰.....	نمودارهای نیرو - تکانه
۴۲۲.....	مقدمات مقیاس‌گذاری انفجار
۴۲۲.....	اثرات مواد منفجره در زمین
۴۲۴.....	توضیحات پایانی
۴۲۵.....	مسائل (۱-۱۳ تا ۳۱-۱۳)

۴۲۵	توضیحات
۴۳۷	مثال‌ها (۱-۱۳ تا ۱۸-۱۳)
۴۵۱	<b>فصل ۱۴ نفوذ و سوراخ</b>
۴۵۱	چکیده
۴۵۱	ضربه بر یک محیط نیمه نامحدود
۴۵۲	ضربه بر هدفی با ضخامت محدود
۴۵۴	نفوذ در خاک
۴۵۴	نفوذ در بتن
۴۵۶	نفوذ در فلزات
۴۵۷	سینماتیک حرکت یک پرتابه‌ی سخت
۴۵۸	توضیحات پایانی
۴۵۹	مسائل (۱-۱۴ تا ۱۷-۱۴)
۴۵۹	توضیحات
۴۶۷	مثال‌ها (۱-۱۴ تا ۷-۱۴)
۴۷۱	<b>فصل ۱۵ آسیب، خرابی و تکه‌پاره‌شدگی</b>
۴۷۱	چکیده
۴۷۱	حلقه‌ها و پوسته‌های تحت فشار
۴۷۱	گسیختگی استاتیکی و دینامیکی
۴۷۲	مکانیزم شکست چندگانه
۴۷۳	بیشینه تعداد تکه‌پاره‌ها از آزمایش
۴۷۴	حرکت شعاعی در پوسته‌ی استوانه‌ای تحت فشار منفجره
۴۷۴	تکه‌پاره‌شدگی ناشی از انعکاس موج
۴۷۴	اثرات خردشدگی در یک میله‌ی محوری
۴۷۶	شکست جامدات با امواج تنشی
۴۷۷	خرابی تیرها
۴۷۷	چهار مود اصلی خرابی
۴۷۸	رشد ترک دینامیکی
۴۷۹	فروپاشی
۴۷۹	تخریب دینامیکی یک المان سازه
۴۸۰	فروپاشی پیشرونده
۴۸۲	شکست سنگ

۴۸۲	قابلیت تغییر شکل ماده‌ی دچار ترک حول حفره.....
۴۸۴	قابلیت تغییر شکل محیط له‌شده و ترک‌خورده در یک حفره‌ی استوانه‌ای.....
۴۸۵	ظرفیت انرژی ماده‌ی منفجره.....
۴۸۵	استحکام فشاری سنگ و تخمین شعاع ناحیه‌ی له‌شده.....
۴۸۶	حفره‌ی استوانه‌ای منبسط‌شده توسط فشار منفجره، مود $CC$ .....
۴۸۷	حفره‌ی استوانه‌ای منبسط‌شده توسط فشار منفجره، مود ترک‌خوردگی.....
۴۸۷	شکست تخته سنگ.....
۴۸۹	تشکیل گودال زمینی ناشی از انفجار زیرسطحی.....
۴۹۲	توضیحات پایانی.....
۴۹۳	مسائل (۱-۱۵ تا ۳۳-۱۵).....
۵۰۹	مثال‌ها (۱-۱۵ تا ۲۴-۱۵).....
۵۲۵	<b>فصل ۱۶ مثال‌های منتخب.....</b>
۵۲۵	چکیده.....
۵۲۵	مثال‌ها (۱-۱۶ تا ۱۵-۱۶).....
۵۴۳	<b>پیوست الف دایره‌های مور.....</b>
۵۴۳	تنش صفحه‌ای.....
۵۴۴	کرنش صفحه‌ای.....
۵۴۴	حالت سه بعدی تنش.....
۵۴۷	<b>پیوست ب روش‌های کوتاه و تقریب‌ها.....</b>
۵۴۷	ضرایب پرشدگی.....
۵۴۹	توابع تقریبی برای مقادیر کوچک آرگومان.....
۵۵۱	<b>پیوست ج ضرایب پسا‌آیرو دینامیکی.....</b>
۵۵۳	<b>پیوست د معادلات لام.....</b>
۵۵۳	حلقه ضخیم تحت فشار.....
۵۵۴	پوسته کروی ضخیم تحت فشار.....
۵۵۵	<b>فهرست منابع.....</b>
۵۶۱	نمایه.....
۵۶۵	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی.....
۵۷۱	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی.....

## پیش‌گفتار

این کتاب متشکل از مجموعه فرمول‌هایی است که پاسخ‌های دینامیکی به بارهای شوک را توصیف می‌کنند. ارائه‌ی این کار تحت تاثیر کتاب روارک<sup>۱</sup> با عنوان «فرمول‌هایی برای تنش و کرنش» است که اصول و معادلات مربوط را به‌طور خلاصه بررسی می‌کند. اصول نظری در کتاب مذکور به صورت مختصر و مفید، البته نسبتاً سطحی ارائه شده‌اند. این امر سبب می‌شود تا این کتاب به جای یک منبع درسی، بیشتر به‌عنوان یک مرجع کاری مناسب گردد. با این وجود، همچنان ابزاری نسبتاً جامع به شمار می‌آید. اگر چه این کتاب برای مهندسان نوشته شده، ولی دینامیک‌دانان مجرب نیز می‌توانند به ایده‌ها و روش‌های جدیدی در آن دست یابند.

هدف این کتاب، تهیه‌ی یک مرجع هدفمند در فضای رایانه‌گرایی فعلی است. امروزه به دلیل توسعه و در دسترس بودن برنامه‌های سازه‌ای چندمنظوره، هر کار تحلیلی بزرگی می‌تواند با رایانه‌ها انجام شود. این امر در حالت کلی باعث کاهش اهمیت محاسبات دستی شده است. به‌طور خاص، برخی از روش‌های تحلیلی در مقایسه با مثلاً دهه‌ی ۱۹۶۰ اهمیت خود را از دست داده‌اند. برخی از روش‌هایی که احتمالاً در آینده نیز در آن‌ها از محاسبات دستی استفاده می‌شود، عبارتند از:

۱. در به دست آوردن مقادیر اولیه برای پیش‌بینی پاسخ دینامیکی سیستمی که در مراحل اولیه طراحی بوده و به ویژه، هنگامی که انجام محاسبات کامل میسر نیست.

۲. در مرحله‌ی مقدماتی انجام محاسبات زیاد، زمانی که مدل دینامیکی ساخته شده باشد. در این مرحله، تحلیل‌گران محتاط بررسی‌های مختلفی را انجام می‌دهند تا اطمینان حاصل کنند که اطلاعات مهمی را از دست نداده باشند و نیز جزئیات غیرضروری را لحاظ نکنند.

۳. در صحت‌سنجی غیرمستقیم نتایج حاصل از رایانه با استفاده از یک مدل ساده‌شده یا یک روش محاسباتی. (این موضوع نه تنها می‌تواند بعضی از نتایج غیر قابل قبول را توضیح دهد، بلکه کمک می‌کند تا از خطاهای پنهان غفلت نشود که برای رخداد آن گزینه‌های نامحدودی وجود دارد.)

۴. در کار آماده‌سازی برای آزمایش فیزیکی.

بنابراین به‌طور کامل آشکار است که مهندسان امروزی فقط در صورت وجود روش‌ها و راهکارهای کوتاه و آسان به انجام محاسبات دستی می‌پردازند. با این وجود، روش‌های محدود نیز می‌تواند برای حالت‌های ساده‌تر انجام شود. این نکته اصلی‌ترین معیار در انتخاب مسائل و روش بررسی آن‌ها در این کتاب بود. بنابراین، هدف و زمینه اصلی کتاب، سادگی است. با این حال نمی‌توان تمام وضعیت‌ها را به‌طور ساده توضیح داد. در چنین مواردی مناسب‌تر است که به جای ارائه یک معادله‌ی پیچیده و طولانی از دو یا سه معادله‌ی ساده استفاده شود که هر یک متناظر با مفهوم معینی باشند. اقدام به ساده‌سازی در بسیاری از موارد به ارائه معادلات تقریبی ساده به جای نوع پیچیده منجر می‌گردد که دقت بهتری هم دارند. (باید توجه کرد که امروزه واژه‌هایی نظیر «روش دستی» یا محاسبات «دستی» نه تنها به معنای استفاده از ماشین حساب

---

<sup>1</sup> Roark

مشابه با دهه‌ی ۱۹۷۰ است، بلکه اشاره به استفاده از چنین برنامه‌های ساده‌ای به‌عنوان یک صفحه گسترده یا ماکرو<sup>۱</sup> دارند.

با اینکه تخمین‌های ساده‌شده، خیلی دقیق نیستند، اما امکان انجام آن‌ها مزیت دیگری را نیز فراهم می‌کند. این موضوع اغلب در بارگذاری‌ها یا سازه‌های بزرگ مشهود است. برای مثال می‌توان پرسید: «آیا انتظار می‌رود که کرنش بیشینه به 5٪ نزدیک‌تر باشد یا به 50٪؟» یکی از جواب‌ها دلالت بر ایمنی و دیگری اشاره به خطر دارد. توانایی پاسخ به چنین سوالی در مراحل اولیه، تأثیر زیادی بر اتخاذ روش مهندسی دارد.

این کتاب برای مهندسان و همه‌ی کسانی نوشته شده که مایل به درک چگونگی پاسخ اجسام و سازه‌ها به تکانه‌های ناگهانی و شدید هستند. این تکانه‌ها معمولاً برای مدت زمان کوتاهی استمرار می‌یابند. از آن جایی که هیچ تأکیدی روی نوع خاصی از سازه نبوده و حیطه‌ی کتاب بسیار گسترده است، تمام کسانی که با جنبه‌های مکانیکی رشته‌های مهندسی هوافضا، خودرو، هسته‌ای و عمران سروکار داشته و نیز کسانی که در طراحی دستگاه‌ها فعالیت می‌کنند، می‌توانند از این کتاب استفاده کنند.

شاید بعضی از نتایجی که به تازگی حاصل و در اینجا ارائه شده‌اند، فرضی بوده یا چندان قابل اطمینان نباشند، پس باید با احتیاط استفاده شوند. تصمیم به لحاظ چنین اطلاعاتی دو دلیل دارد: دلیل اول، عدم وجود راه‌حل‌های بهتر و کاربردی است. دلیل دوم، این گفته قدیمی است که اگر کسی منتظر بماند تا شرایط به بهترین نحو آماده شود، هیچ کاری انجام نمی‌شود.

خواننده برای استفاده از این کتاب به بهترین نحو باید با مقاومت مصالح و ریاضیات مهندسی آشنا باشد. آشنایی با مفاهیم دینامیکی نیز می‌تواند مفید باشد، ولی لزومی ندارد، زیرا بخش ابتدایی هر فصل مفاهیم مقدماتی را توضیح می‌دهد. هر فصل از این کتاب به سه بخش تقسیم می‌شود: چکیده، مسائل و مثال‌ها. در بخش مسائل سعی می‌شود که با ارائه مطالب بحث شده در قالب‌های ساده، درک مباحث آسان‌تر شود. مثال‌ها، بخش بسیار مهمی از این کتاب هستند، زیرا بدیهی است که بیشتر افراد موضوع مورد بحث را با مثال‌های عددی بسیار بهتر فرا می‌گیرند.

مؤلف به افراد زیادی مدیون است که کمک کردند کتاب به این صورت تهیه شود. ورل استنفورد<sup>۲</sup> بسیاری از اطلاعات را بررسی کرد و پیشنهادهای باارزشی را ارائه نمود. میسیا (می) پازکیویچ<sup>۳</sup> کار مهم مرجع‌بندی بخش‌های متعددی از متن را انجام داد. پروفیسور علی صالح فصل‌های ۱۰ و ۱۱ را مطالعه و نکات مفیدی را اظهار کرد. جان کویین<sup>۴</sup> چندین فصل را خواند و در رفع برخی از کاستی‌های کتاب بسیار موثر بود. در خاتمه از خوانندگان محترم درخواست می‌شود که نظرات خود در ارتباط با محتوای کتاب را به نگارنده اطلاع دهند.

**دکتر گریگوری زولازینسکی**

---

<sup>1</sup> Mathcad

<sup>1</sup> Verl Stanford

<sup>2</sup> Miecia (May) Paszkiewicz

<sup>3</sup> John Quinn

## گفتار مترجمان

مکانیک ضربه یکی از موضوع‌های اصلی و مهم مهندسی مکانیک است که بعد از جنگ جهانی دوم مورد توجه بیشتر محققان قرار گرفت. این استقبال در سال‌های اخیر به دلیل اهمیت کاربردی آن افزایش یافته است. با وجود اینکه مسائل مکانیک ضربه از پیچیدگی و جذابیت زیادی برخوردار هستند، اما عدم دسترسی به سامانه‌های شبیه‌سازی در گذشته باعث کندی روند گسترش آن تا پیش از دهه‌ی اخیر شده بود. این روند در قرن حاضر و با توجه به توانایی بالای سیستم‌های پردازشگر موجود، شتاب بیشتری به خود گرفته است و علاقه‌مندان به این حوزه نیز بسیار افزایش یافته‌اند.

مکانیک ضربه طیف وسیعی از مباحث نظیر برخورد، موج، نفوذ، انفجار، آسیب و خرابی را شامل می‌شود. این مباحث گسترده و متنوع شاید شائبه وجود منابع و مراجع متعدد را به وجود آورد، اما کتاب‌های تألیفی این حوزه بسیار محدود بوده و بیشتر منابع به صورت پراکنده و از مقالات منتشرشده در اختیار محققان قرار دارد. کتاب حاضر را می‌توان به جرأت یکی از بهترین کتاب‌های موجود در حوزه مکانیک ضربه دانست. از جمله ویژگی‌های برجسته این کتاب می‌توان به ارائه مسائل و مثال‌های متعدد، پوشش مباحث گسترده و متنوع این حوزه و رویکرد کاربردی آن اشاره کرد. در حقیقت، این کتاب صرفاً برای اهداف آموزشی نوشته نشده و علاوه بر فضاهای آموزشی می‌تواند به‌عنوان یک مرجع مناسب در صنایع مختلف نیز مورد استفاده قرار گیرد. این ویژگی‌های کم‌نظیر و محدودیت منابع فارسی موجود در زمینه مکانیک ضربه سبب شد تا مترجمان به ترجمه این کتاب پردازند.

در اینجا لازم است از کلیه‌ی افراد موثر در ترجمه و چاپ این کتاب، به ویژه از خانواده‌های مترجمان، تقدیر و تشکر شود. امید است اساتید، دانشجویان و محققان محترم منت نهاده و نقایص موجود را از طریق رایانامه‌ی [f.a.ghasemi@srttu.edu](mailto:f.a.ghasemi@srttu.edu) اطلاع دهند تا کیفیت اثر حاضر برای چاپ‌های محتمل آتی ارتقا یابد.

**دکتر فرامرز آشنای قاسمی**

عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

**مهندس سعید شیری**

کارشناس ارشد مهندسی مکانیک

تهران - تابستان ۱۳۹۵





## درباره نویسنده



دکتر گریگوری زولازینسکی<sup>۱</sup> مدرک لیسانس خود را در رشته‌ی مهندسی مکانیک از دانشگاه صنعتی ورشو در سال ۱۹۶۵ و دکتری خود را در رشته‌ی مکانیک سازه از دانشگاه کالیفرنیا جنوبی در سال ۱۹۷۳ دریافت کرد. او از سال ۱۹۶۶ تا ۱۹۸۰ در حوزه‌های هوافضا، مهندسی هسته‌ای و ساخت کشتی در آمریکا کار کرد. وی فعالیت گسترده‌ای در شبیه‌سازی رایانه‌ای رویدادهای مربوط به زمین‌لرزه و شرایط دینامیکی تصادفی مربوط به امنیت نیروگاه‌های هسته‌ای و سخت‌افزارهای نظامی انجام داده است.

او از سال ۱۹۸۱ تا به حال در حال فعالیت در استرالیا در حوزه‌های هوافضا، راه‌آهن، نیروگاه، خودرو، سواحل و صنایع مختلف است. همچنین در مکانیک سنگ، انفجار زیرزمینی، حفاظت از زیرساخت‌ها و بخش‌های نظامی فعالیت دارد. وی در زمینه‌ی مکانیک غیرخطی نیز آثاری پرآوازه دارد. اولین کتاب ایشان با موضوع «دینامیک سازه‌ها و ماشین‌آلات: مسائل و راه‌حل‌ها» توسط موسسه‌ی جان وایلی در سال ۱۹۸۲ منتشر کرد.

دکتر زولازینسکی از سال ۱۹۶۶ تا به حال در زمینه شبیه‌سازی مسائل سازه‌ای به روش المان محدود فعالیت دارد. از سال ۱۹۷۸ تا ۱۹۷۹ به‌عنوان اصلی‌ترین تحلیل‌گر کنترل داده کدهای تحلیل المان محدود (FEA<sup>۲</sup>) در لس‌آنجلس فعالیت کرد. از اوایل دهه‌ی ۱۹۹۰، در حال کار بر روی شبیه‌سازی رایانه‌ای پدیده‌های تحت بارگذاری بزرگ مثل شکست سنگ با استفاده از مواد منفجره، تکه‌پاره‌شدگی اجسام فلزی، آسیب شوک به ساختمان‌ها، فروریزش سازه‌ای، برهم‌کنش سیال سازه، حفاظت در برابر انفجار و حفاظت هواپیما از ضربه است. او مطالعات بسیار پیشرفته‌ای را انجام داده که نشانگر تکه‌پاره‌شدگی صریح سازه‌ها و دیگر اجسام است.

دکتر زولازینسکی عضو ارشد موسسه‌ی مهندسان استرالیا، عضو دانشکده‌ی مکانیک و سازه‌ی موسسه‌ی مهندسان استرالیا و نیز عضو انجمن مهندسان مکانیک آمریکا و انجمن مهندسان عمران آمریکا است.

---

<sup>۱</sup> Gregory Szuladzinski

<sup>۲</sup> Finite Element Analysis