

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# شاخص خرابی لرزه‌های شهرها

تألیف و تدوین

حمیدرضا وثوقی‌فر

ب. بهنام



دانشگاه آزاد اسلامی  
واحد تهران جنوب

تهران، ۱۳۸۷

## فهرست مطالب

پیشگفتار	۹
فصل اول: بررسی علل تخریب سازه‌ها به هنگام زلزله در ایران	۱۱
۱-۱. دلایل عمده خرابی سازه‌ها	۱۲
۲-۱. شکل هندسی پلان	۱۳
۳-۱. پلان ارتفاع	۱۷
۱-۳-۱. تأثیر مجاورت ساختمان‌ها	۱۹
۲-۳-۱. آسیب‌پذیری ساختمان‌های نامنظم	۲۰
۴-۱. وضعیت پلان در روی سطح زمین	۲۵
۵-۱. طبقات نرم	۲۷
۱-۵-۱. دلایل تشکیل طبقه نرم	۲۷
۲-۵-۱. شرایط تشکیل طبقه نرم	۲۷
۶-۱. ستون‌های کوتاه	۳۷
۱-۶-۱. عملکرد ستون‌های کوتاه	۳۸
۲-۶-۱. محل‌های وقوع ستون کوتاه	۳۹
۷-۱. پیچش در ساختمان‌ها	۴۷
۱-۷-۱. فاصله مرکز جرم و مرکز سختی	۵۳
۲-۷-۱. ناپیوستگی‌ها و اثرات لنگر پیچشی	۵۴
۱-۲-۷-۱. بازشوهای دیافراگم	۵۴
۲-۲-۷-۱. تیرهای ناپیوسته	۵۵
۳-۲-۷-۱. قاب‌های ناموازی	۵۷
۳-۲-۷-۱. کاهش میزان پیچش	۵۸

- ۸-۱. چیدمان عناصر مقاوم در برابر زلزله ..... ۵۹
- ۸-۱.۱. وضعیت توزیع کاربری در ارتفاع ..... ۵۹
- ۸-۲. بارهای ثقلی و پیچش ..... ۶۲
- ۹-۱. معضلات شالوده ..... ۶۳
- ۱۰-۱. دلایل عمده خرابی سازه‌های فلزی ..... ۶۸
- ۱۱-۱. دلایل عمده خرابی سازه‌های بتنی ..... ۸۳
- ۱۲-۱. رفتار ساختمان‌های با مصالح بنایی با کلاف ..... ۸۵
- ۱۳-۱. اجزای غیرسازه‌ای و شریان‌های حیاتی ..... ۹۷
- ۱۴-۱. دلایل عمده خرابی سازه‌های آجری (یا خشتی) ..... ۱۱۲
- فصل دوم: تحقیقات انجام شده درباره محاسبه شاخص خرابی ..... ۱۲۴**
- ۱-۲. تاریخچه و نحوه ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها ..... ۱۲۴
- ۲-۲. روابط مهم در محاسبه شاخص خرابی ..... ۱۲۹
- ۲-۲-۱. مقدمه ..... ۱۲۹
- ۲-۲-۲. رابطه پارک و انگ ..... ۱۳۰
- ۲-۲-۳. رابطه ارائه شده در مؤسسه لرزه‌شناسی استرالیا ..... ۱۳۱
- ۲-۲-۴. استفاده از روش GIS ..... ۱۳۳
- ۲-۲-۵. رابطه ایمورا و میکامی ..... ۱۳۶
- ۲-۲-۶. روابط تکمیل شده پارک و انگ (۱۹۸۵) توسط ساری و همکاران ..... ۱۳۹
- ۲-۲-۷. محاسبه شاخص خرابی با روابط میاکوشی و هایاشی ..... ۱۴۰
- ۲-۲-۸. مطالعات تکمیلی استفاده از GIS برای تعیین شاخص خرابی ..... ۱۴۲
- ۲-۲-۹. روابط الله‌آبادی و پاول ..... ۱۴۵
- ۲-۲-۱۰. روابط مهین و برترو ..... ۱۴۵
- ۲-۲-۱۱. روابط بزرگ‌نیا و برترو ..... ۱۴۶
- ۲-۲-۱۲. رابطه رینورن و والس ..... ۱۴۹
- ۲-۲-۱۳. رابطه پاپادوپولوس و همکاران ..... ۱۴۹
- ۲-۲-۱۴. روش پیشنهادی کولومبو و نگرو ..... ۱۵۰
- فصل سوم: ارائه یک رابطه برای محاسبه شاخص خرابی ..... ۱۵۳**
- ۱-۳. مقدمه ..... ۱۵۳
- ۱-۳-۱. تحلیل اول ..... ۱۵۴
- ۱-۳-۲. تحلیل دوم ..... ۱۵۴
- ۲-۳. پیشنهاد رابطه مناسب برای محاسبه شاخص خرابی کمی - کیفی ..... ۱۵۵
- ۳-۳. ارائه پیشنهاد تعیین شاخص خرابی کمی - کیفی ..... ۱۵۷
- ۳-۳-۱. توابع خسارت، کنترل، هزینه ..... ۱۵۹

۱۶۰	..... توابع خسارت..... ۲-۳-۳
۱۶۱	..... سیستم‌های آب و فاضلاب و گاز..... ۳-۳-۳
۱۶۲	..... عوامل مؤثر بر آسیب‌دیدن تأسیسات آبرسانی..... ۴-۳-۳
۱۷۹	..... ارائه طرح لوله‌کشی به‌صورت انعطاف‌پذیر..... ۵-۳-۳
۱۸۲	..... سیستم‌های انتقال برق..... ۶-۳-۳
۱۹۱	..... شریان‌های حیاتی و مراکز امداد رسان..... ۷-۳-۳
۲۰۶	..... بازه چهارم، عوامل پیش‌بینی نشده..... ۸-۳-۳
۲۰۹	..... ارائه نمودارهای گردشی برای نحوه عملکرد شاخص خرابی مطابق با معیار جدید ارائه شده..... ۴-۳
۲۰۹	..... مقدمه..... ۱-۴-۳
۲۰۹	..... توجه به شرایط ساختگاه..... ۱-۱-۴-۳
۲۰۹	..... تهیه پلان مناسب..... ۲-۱-۴-۳
۲۱۰	..... ستون‌های کوتاه..... ۳-۱-۴-۳
۲۱۱	..... طبقه نرم..... ۴-۱-۴-۳
۲۱۲	..... روانگرایی..... ۵-۱-۴-۳
۲۱۲	..... سیستم‌های مقاوم در برابر زلزله..... ۶-۱-۴-۳
۲۱۳	..... روش‌های طراحی براساس ظرفیت..... ۲-۴-۳
۲۱۴	..... طراحی براساس عملکرد..... ۳-۴-۳
۲۱۴	..... سطوح عملکرد ساختمان‌ها..... ۱-۳-۴-۳
۲۱۵	..... قابلیت استفاده بی‌وقفه..... ۲-۳-۴-۳
۲۱۵	..... آسیب‌دیدگی محدود..... ۳-۳-۴-۳
۲۱۵	..... ایمنی جانی..... ۴-۳-۴-۳
۲۱۵	..... ایمنی جانی محدود..... ۵-۳-۴-۳
۲۱۶	..... آستانه فروریزش..... ۶-۳-۴-۳
۲۱۶	..... مقاوم‌سازی تمیز..... ۴-۴-۳
۲۱۶	..... ستون‌های توخالی..... ۱-۴-۴-۳
۲۱۷	..... میراگرهای جرمی تنظیم‌شده..... ۲-۴-۴-۳
۲۲۲	..... جداکننده‌ها..... ۳-۴-۴-۳
۲۳۵	..... میراگرهای اصطکاکی..... ۴-۴-۴-۳
۲۳۹	..... میراگرهای ویسکوالاستیک..... ۵-۴-۴-۳
۲۴۲	..... ساخت سازه‌های فیوزی..... ۶-۴-۴-۳
۲۴۳	..... تحلیل خطر زلزله و طیف طراحی..... ۵-۴-۳
۲۴۴	..... هدف بهسازی..... ۶-۴-۳
۲۴۵	..... نمودار گردشی برای در نظر گرفتن شاخص خرابی در فرایند طراحی..... ۷-۴-۳

۲۴۷	فصل چهارم: تحلیل‌های کامپیوتری براساس شاخص خرابی کمی انتخاب شده
۲۴۷	۱-۴. مقدمه
۲۴۹	۲-۴. معرفی روش تحلیل بارافزون یا غیرخطی استاتیکی
۲۵۲	۳-۴. مطالعه یک سازه دوبعدی براساس شاخص خرابی پیشنهادی پاپادوپولس
۲۵۲	۱-۳-۴. مطالعه یک سازه دوبعدی
۲۵۳	۲-۳-۴. بارگذاری قائم و جانبی مدل مورد مطالعه دوبعدی
۲۵۵	۳-۳-۴. تحلیل استاتیکی سازه
۲۵۶	۴-۳-۴. تحلیل سازه به روش استاتیکی غیرخطی
۲۵۹	۴-۴. مطالعه یک سازه ۵ طبقه فلزی براساس شاخص خرابی پیشنهادی پاپادوپولس
۲۶۲	۱-۴-۴. تحلیل استاتیکی معادل مدل
۲۶۳	۲-۴-۴. تحلیل استاتیکی غیرخطی مدل
۲۶۴	۵-۴. مطالعه یک سازه ۶ طبقه بتنی براساس شاخص خرابی پاپادوپولس
۲۶۷	۱-۵-۴. تحلیل استاتیکی مدل
۲۶۷	۲-۵-۴. تحلیل استاتیکی غیرخطی مدل
۲۶۹	۶-۴. محاسبه شاخص خرابی کیفی - کمی برای ساختمان‌های مسکونی
۲۷۴	۷-۴. مقایسه نتایج حاصل از شاخص خرابی پاپادوپولس و شاخص خرابی کیفی
۲۷۴	۱-۷-۴. مقایسه نتایج حاصل از جدول ۳-۴ با نتایج حاصل از قسمت ۲-۴-۴
۲۷۴	۲-۷-۴. مقایسه نتایج حاصل از جدول ۳-۴ با نتایج حاصل از قسمت ۲-۵-۴
۲۷۷	فصل پنجم: پارامترهای اقتصادی در شاخص خرابی
۲۷۷	۱-۵. مقدمه
۲۸۱	۲-۵. معرفی ناحیه مورد مطالعه
۲۸۱	۱-۲-۵. اطلاعات مربوط به تأسیسات شهری
۲۸۱	۲-۲-۵. اطلاعات مربوط به شریان‌های حیاتی و واحدهای امدادی
۲۸۵	۳-۵. بررسی وضعیت ساختمان‌های مسکونی برای محاسبه بازه اول شاخص خرابی
۲۸۸	۴-۵. بررسی وضعیت سیستم‌های تأسیساتی در منطقه مورد مطالعه
۲۸۸	۵-۵. بررسی وضعیت شریان‌های حیاتی و مراکز امدادی در منطقه مورد مطالعه
۲۹۰	۶-۵. در نظر گرفتن پارامترهای اقتصادی در محاسبه شاخص خرابی
۲۹۰	۱-۶-۵. لزوم وارد کردن پارامترها
۲۹۱	۲-۶-۵. مطالعه موردی یک ساختمان
۲۹۵	۳-۶-۵. توابع کنترل خسارت
۳۰۱	واژه‌نامه
۳۰۳	کتابنامه

## پیشگفتار

ایران - این سرزمین کهن - از نظر لرزه‌خیزی روی نوار آلیاید واقع شده است. نوار آلیاید، از سلسله کوه‌های هیمالیا در شرق آسیا شروع می‌شود و پس از عبور از ایران و ترکیه، تا دریای مدیترانه امتداد می‌یابد. از طرفی، از آنجا که سرزمین پهناور ایران به چهار منطقه بزرگ زلزله‌خیز - شامل کمربند زاگرس، نواحی مرکزی و شرقی، آذربایجان و رشته کوه‌های البرز - تقسیم می‌شود، هر از چندگاه، در زمان‌های نامعلوم، زلزله‌ای مهیب، علاوه بر خسارات سنگین جانی و مالی، تبعات روانی جبران‌ناپذیری به بار می‌آورد که علت اصلی و انکارناپذیر آن، وجود ساختار سست‌بنیاد خانه‌ها و ساختمان‌ها است. زلزله‌هایی چون رودبار، زرن، همدان، بم و درب آستانه، نمونه‌هایی از این مقوله هستند.

گرچه زلزله و تبعات گسترده آن، پدیده‌های طبیعی هستند، نمی‌تواند بهانه‌ای برای مسئولیت‌ناپذیری مردم، به‌ویژه مسئولان ذی‌ربط در نحوه ساخت‌وساز خانه‌ها و نظارت بر آنها باشد. با توجه به زلزله با بزرگای مختلف در کشور، در کتاب حاضر، راه‌های محاسبه شاخص خرابی ارزیابی می‌شود. این کتاب براساس بازدید مؤلف از زلزله‌های مختلف و بررسی ایشان - به‌عنوان کارشناس یونسکو - از خرابی‌های به‌بار آمده، تألیف شده است.

امید است محتویات این کتاب برای محققان، اندیشمندان و دانشجویان علاقه‌مند در این زمینه و نیز جهت ارائه راهکارهای مقاوم‌سازی و بهسازی ساختمان‌های کوتاه برای مهندسان مفید افتد؛ همچنین با معرفی تلاش‌های صورت‌گرفته برای نهاده شدن مقاوم‌سازی و بهسازی لرزه‌ای انواع ساختمان‌های موجود، از تجربیات زلزله‌های گذشته نیز برای بازسازی استفاده بهینه شود.

از آنجا که این‌گونه فعالیت‌ها و تدوین آثاری چون این کتاب - که هدف از آنها، رسیدن به راهکارهای مناسب برای کاهش مرگ و میر پس از وقوع زلزله است - خالی از اشکال نیست، از کلیه خوانندگان، استادان و اندیشمندان تقاضا می‌شود پیشنهادها و انتقادهای اصلاحی خود را برای استفاده در چاپ‌های بعدی، با مؤلف در میان بگذارند.