

کنترل لرزهای هوشمند سازه‌ها

تالیف

جواد پالیزوان زند

حمیدرضا عزیزی پسته‌بگلو

رضاقلی اجلالی

www.ketab.ir

انتشارات آکادمیک

سرشناسه، پالیزوان زند، جواد، ۱۳۶۴ -

عنوان و نام پدیدآور، کنترل لرزه‌ای هوشمند سازه‌ها / تألیف جواد پالیزوان زند، حمیدرضا عزیزی پسته‌بگلو، رضاقلی اجلائی.

مشخصات نشر، تبریز - انتشارات زبان آکادمیک، ۱۳۹۶ = ۲۰۱۸ م.

مشخصات ظاهری، ۵۵۰ صفحه، وزیری

شابک، ۹۷۸-۶۰۰-۸۶۵۲-۶۲-۵

وضعیت فهرست‌نویسی، فیبا

موضوع، زلزله - مهندسی Earthquake engineering

موضوع، زلزله -- مهندسی -- الگوهای ریاضی. Earthquake engineering -- Mathematical models

موضوع، زلزله‌شناسی Seismology

موضوع، پایداری سازه‌ها Structural stability

موضوع، ساختمان‌ها -- اثر زلزله Buildings -- Earthquake effects

شناسه افزوده، عزیزی پسته‌بگلو، حمیدرضا، ۱۳۶۴ -

شناسه افزوده، اجلائی، رضاقلی، ۱۳۴۱ -

رده‌بندی کنگره، ۱۳۹۶ ۹۲۰۲۰۵۴ / TR

رده‌بندی دیویی، ۶۲۴/۱۷۶۲

شماره کتابشناسی ملی، ۴۷۸۸۲۴۱

کنترل لرزه‌ای هوشمند سازه‌ها

تألیف، جواد پالیزوان زند، حمیدرضا عزیزی پسته‌بگلو، رضاقلی اجلائی

ناظر امور فنی، مجید غریب

ناشر، انتشارات آکادمیک

قطع، وزیری

نوبت و سال چاپ، اول / ۱۳۹۶

شمارگان، ۱۰۰۰ جلد

تعداد صفحه، ۵۵۰

شابک، ۹۷۸-۶۰۰-۸۶۵۲-۶۲-۵

قیمت، ۴۰۰۰۰۰ ریال

ACADEMIC

انتشارات آکادمیک

نشانی مرکز پخش: تبریز، فلکه دانشگاه، برج بلور، انتشارات زبان آکادمیک

۰۹۱۴۴۰۶۲۷۹۷۰۴۱۳۳۲۵۱۲۶۶ و سایت www.zabanac.com

«کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است. هیچ بخشی از کتاب به هیچ شکلی اعم از کپی یا اسکن در هرگونه

رسانه‌ای از جمله کتاب، جزوه، لوح فشرده، سایت اینترنتی یا مجلات، بدون اجازه کتبی از مولف غیر قانونی بوده

و موجب پیگرد قانونی است.»

سخن مؤلفین:

تدوین سیستمی هوشمند، جهت کاهش دادن اثرات نیروهای وارده خارجی به سازه، نیازی اساسی در جامعه مهندسی عمران کشور است. به منظور انجام وظیفه در راستای این رسالت، مؤلفین بر آن شدند تا با توجه به دستاوردهای مهندسی زلزله و مهندسی کنترل کلاسیک و هوشمند و با توجه به تجربیات چندین ساله خود در زمینه کنترل فعال سازه با الگوریتم‌های کنترلی کلاسیک و هوش مصنوعی، کتاب کنترل فعال سازه‌ها را به جامعه مهندسی عمران کشور تقدیم نمایند.

هدف اصلی مؤلفین این است که یک سیستم کنترل فعال هوشمند طوری طراحی شود، تا در زمانی که نیروهای خارجی همانند زلزله یا باد بر سازه وارد شود، این سیستم بتواند پاسخ سازه را در مقابل نیروی وارده کاهش دهد و اجازه ندهد که تغییر مکان سازه از مقادیر تغییر مکان‌های مجز، فراتر رود. مؤلفین سعی کرده‌اند در این کتاب با بهره‌گیری از علوم نوین و قدرتمند کنترل فعال سازه، بهینه‌سازی، الگوریتم ژنتیک، سیستم‌های فازی، الگوریتم LQR و ... یک شیوه مناسب با رده سازه‌ها برای کاهش دادن پاسخ سازه در مقابل بارهای خارجی وارد بر سازه ارائه دهند. مؤلفین امیدوارند که با ارائه این کتاب، به جامعه مهندسی کشور، سیستم‌های کنترل هوشمند و فعال در دستر عزیزان ایران نیز همانند کشورهای ژاپن، آمریکا و مالزی جنبه عملی و اجرایی داشته باشد.

مؤلفین از حمایت‌های بی دریغ سازمان بهرام مهندسی ساختمان استان آذربایجان شرقی، علی‌الخصوص جناب آقای دکتر طالب مرادی شقاقی، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

همچنین سپاسگزاری صمیمانه خود را از توجهات و رخصات کلیه مسئولین محترم انتشارات آکادمیک، بویژه جناب آقای مهندس خرسند، مدیرعامل محترم انتشارات آکادمیک، در امر چاپ و انتشار کتاب فوق که به حق بدون حمایت‌های بی‌دریغ ایشان، اثرات بسیار کمی‌گشت، و همچنین آقای مهندس علی فایدی مدیرمسئول مؤسسه پویا اعلام می‌نمایند.

در خاتمه از اساتید، دانشجویان و مهندسان بزرگواری که بر نگارندگان منت نهاده و پیشنهادات و انتقادات خود را ارسال می‌دارند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

رضا قلی اجلالی
Reza_ejlali@iaut.ac.ir

حمیدرضا عزیزی پسته بگلو
salam_hamidreza@icloud.com

جواد پالیزوان زند
J.Palizvan@gmail.com

فصل اول : مقدمه

- ۱-۱- پیشگفتار..... ۱۵
- ۲-۱- زلزله چیست..... ۱۶
- ۳-۱- سیستم‌های کنترل فعال (ATMD) و غیر فعال (TMD)..... ۱۷
- ۴-۱- استفاده از موز، فازی در سیستم‌های کنترل..... ۱۸
- ۵-۱- لزوم انجام تجزیه حاضری..... ۱۹
- ۶-۱- مراحل انجام پروژه..... ۲۰

فصل دوم : زمین لرزه شناسی

- ۱-۱- مبانی زمین لرزه شناسی..... ۲۵
- ۱-۲- ساختار درونی زمین..... ۲۵
- ۲-۱-۲- زمین ساخت صفحه‌ای..... ۲۷
- ۳-۱-۲- عوامل پدید آورنده زمین لرزه‌ها..... ۳۰
- ۲-۲- امواج لرزه‌ای..... ۳۴
- ۳-۲- سنجش‌های زمین لرزه..... ۴۱
- ۱-۳-۲- بزرگای محلی (M_L)..... ۴۳
- ۲-۳-۲- بزرگای موج حجمی (M_B)..... ۴۴
- ۳-۳-۲- بزرگای موج سطحی (M_S)..... ۴۴
- ۴-۳-۲- بزرگای گشتاور لرزه‌ای (M_W)..... ۴۵
- ۵-۳-۲- آزاد سازی انرژی..... ۴۷

۴۸ ۶-۳-۲- شدت

۵۰ ۴-۲- سنجش زمین لرزه

۵۳ ۵-۲- تأثیر ویژگی‌های خاک بر امواج زمین لرزه

۵۵ ۶-۲- تحلیل خطر لرزه‌ای

۵۶ ۱-۶-۲- تحلیل قطعی خطر

۵۷ ۲-۶-۲- تحلیل احتمالاتی خطر

۶۵ ۳-۶-۲- خطر پذیر لرزه‌ای سنگها

۶۹ ۴-۶-۲- ریز پهنه بندی بر پایه تحلیل خطر

فصل سوم: ورودی‌های لرزه‌ای سازه

۷۵ ۱-۳- مبانی ورودیهای لرزه‌ای سازه‌ها

۷۵ ۲-۳- نگاشت‌های تاریخچه زمانی

۷۷ ۳-۳- محتوای بسامدی جنبش زمین

۸۵ ۴-۳- تابع چگالی طیفی توان جنبش زمین

۹۰ ۵-۳- طیف پاسخ زمین لرزه

۹۰ ۱-۵-۳- طیف‌های جا به جایی، سرعت و شتاب

۹۲ ۲-۵-۳- طیف انرژی و طیف فوریه

۹۵ ۳-۵-۳- طیف ترکیبی D-V-A

۹۹ ۴-۵-۳- طیف پاسخ طرح و ساخت آن

۱۰۴ ۵-۵-۳- زلزله‌های پایه (مبنا)

۱۰۵ ۶-۵-۳- طیف پاسخ احتمالاتی

۱۰۶	۷-۵-۳- طیف‌های ویژه ساختگاه و طیف‌های خطر یکنواخت.....
۱۰۶	۷-۵-۳-۱- طیف‌های ویژه ساختگاه.....
۱۱۳	۷-۵-۳-۲- طیف خطر یکنواخت.....
۱۱۷	۷-۵-۳-۶- ساخت شتاب نگاشت‌های مصنوعی.....
۱۱۸	۷-۵-۳-۱- شتاب نگاشت سازگار با طیف پاسخ.....
۱۱۸	۷-۵-۳-۲- شتاب نگاشت سازگار با تابع چگالی طیفی توان.....
۱۱۹	۷-۳- پیش بینی، سازه‌های ورودی لرزه‌ای.....
۱۲۰	۷-۳-۱- رابطه پیش بینی برای P^*IV و PHA.....
۱۲۵	۷-۳-۲- رابطه پیش بینی مدت لرزه.....
۱۲۶	۷-۳-۳- رابطه‌های پیش بینی RMS شتاب زمین (ARMS).....
۱۲۷	۷-۳-۴- رابطه‌های پیش بینی برای طیف فوریه و لِف.....
۱۳۱	۷-۳-۵- رابطه‌های پیش بینی برای PSDF جنبش زمین.....
۱۳۴	۷-۳-۶- رابطه‌های پیش بینی تابع تعدیل.....
۱۳۷	۷-۳-۷- رابطه‌های پیش بینی تابع همدوسی.....

فصل چهارم : مروری بر تحقیقات گذشتگان

۱۴۷	۴-۱- مقدمه.....
۱۴۸	۴-۲- مروری بر تحقیقات سیستم‌های کنترل فعال ATMD.....
۱۵۱	۴-۳- مروری بر تاریخچه تحقیقاتی نظریه مجموعه‌های فازی و زمینه‌های آن در مهندسی عمران.....
۱۵۱	۴-۳-۱- اولین زمینه‌های فکری.....
۱۵۲	۴-۳-۲- دهه ۶۰: ظهور فازی.....

۱۵۲	 تثبیت مفاهیم بنیادی و ظهور اولین کاربردها..... دهه ۷۰-۳-۳-۴
۱۵۳	 ۹۰ و سالهای آغازین قرن ۲۱: چالشها کماکان باقیست..... دهه ۹۰-۴-۳-۴
۱۵۴	 فازی در ایران..... دهه ۵-۳-۴
۱۵۵	 نظریه فازی در مهندسی عمران..... دهه ۶-۳-۴

فصل پنجم: سیستم های کنترل سازه ها

۱۵۹	 مقدمه..... ۱-۵
۱۶۰	 (STRUCTURAL PASSIVE CONTROL) کنترل غیر فعال..... ۲-۵
۱۶۱	 سیستم های جادو جاذبی..... ۱-۲-۵
۱۷۱	 سیستم های تغییر دهنده فرکانس سازه..... ۲-۲-۵
۱۷۶	 کنترل فعال..... ۳-۵
۱۸۷	 کنترل نیمه فعال..... ۴-۵

فصل ششم: منطق فازی و کاربردهای آن در مهندسی عمران

۱۹۵	 مقدمه..... ۱-۶
۱۹۷	 مجموعه های فازی..... ۲-۶
۱۹۷	 تعاریف و مفاهیم مجموعه های فازی..... ۱-۲-۶
۱۹۹	 چند مفهوم مقدماتی..... ۲-۲-۶
۱۹۹	 نماد گذاری..... ۳-۲-۶
۲۰۰	 عملگرهای مجموعه ای..... ۴-۲-۶
۲۰۴	 اصل توسعه و روابط فازی..... ۳-۶
۲۰۴	 اصل توسعه..... ۱-۳-۶
۲۰۵	 حاصل ضرب کارترین فازی..... ۲-۳-۶

- ۲۰۶ ۳-۳-۶ اصل توسعه بر روی فضای حاصل ضرب کارترین
- ۲۰۶ ۴-۳-۶ رابطه فازی
- ۲۰۷ ۵-۳-۶ ترکیب روابط فازی
- ۲۰۷ ۶-۳-۶ اعداد فانتزی
- ۲۰۸ ۷-۳-۶ اعداد فازی L-R
- ۲۱۰ ۴-۶ منطق فازی
- ۲۱۰ ۱-۴-۶ استدلال فازی
- ۲۱۰ ۲-۴-۶ متغیرهای زبانی
- ۲۱۱ ۳-۴-۶ قیود زبانی
- ۲۱۲ ۴-۴-۶ قواعد اگر - آنگاه
- ۲۱۲ ۵-۴-۶ گزاره فازی
- ۲۱۳ ۶-۴-۶ شیوه استدلال فازی
- ۲۱۶ ۷-۴-۶ روش ممدانی
- ۲۲۰ ۸-۴-۶ روش استدلال فازی با استفاده از توابع خطی
- ۲۲۴ ۹-۴-۶ استدلال فازی ساده شده
- ۲۲۴ ۵-۶ کاربردهای فازی در مهندسی عمران
- ۲۲۴ ۱-۵-۶ سیستم‌های فازی
- ۲۲۵ ۲-۵-۶ پایگاه قواعد
- ۲۲۶ ۳-۶-۶ ویژگی‌های مجموعه قواعد
- ۲۲۶ ۴-۵-۶ موتور استنتاج فازی

۲۲۸	 ۵-۵-۶ فازي ساز
۲۲۸	 ۶-۵-۶ غيرفازي ساز
۲۳۰	 ۷-۵-۶ کنترل فازي
۲۳۱	 ۶-۶ طراحی منطق کنترل کننده‌های فازي

فصل هفتم: روش های بهینه سازی

۲۳۹	 ۱-۷ مقدمه
۲۳۹	 ۲-۷ کلیاتی درباره روشهای بهینه سازی
۲۴۰	 ۳-۷ روش های برنامه ریزی ریاضی
۲۴۱	 ۱-۳-۷ برنامه ریزی خطی
۲۴۱	 ۲-۳-۷ برنامه ریزی غیرخطی
۲۴۲	 ۴-۷ روشهای بهینه سازی نامقید
۲۴۳	 ۵-۷ روش های بهینه سازی مقید
۲۴۴	 ۱-۵-۷ روش های تابع جریمه
۲۴۵	 ۱-۱-۵-۷ روش تابع جریمه داخلی
۲۴۷	 ۲-۱-۵-۷ روش تابع جریمه خارجی
۲۴۷	 ۶-۷ روش های بهینه سازی مسایل با متغیرهای گسسته
۲۴۸	 ۱-۶-۷ انواع متغیرهای گسسته
۲۴۸	 ۲-۶-۷ الگوی مسئله بهینه سازی با متغیرهای گسسته
۲۵۰	 ۷-۷ روش های بهینه سازی برگرفته از طبیعت
۲۵۱	 ۱-۷-۷ روش وراثتی

۲۵۷	۱-۸- مقدمه.....
۲۵۸	۲-۸- ساختمان نمونه.....
۲۵۹	۳-۸- مدل اجزاء محدود.....
۲۶۲	۴-۸- معادلات دینامیک سازه.....
۲۶۲	۱-۴-۸- تعاریف.....
۲۶۲	۲-۴-۸- معادله حرکت سیستم.....
۲۶۴	۳-۴-۸- اثر تحریک تکه گاه (تیر زلزله).....
۲۶۶	۴-۴-۸- ساخت ماتریس میرایی.....
۲۶۸	۵-۸- شتاب‌های افقی زلزله‌های مورد استفاده.....
۲۷۰	۶-۸- حل دستگاه معادلات دیفرانسیل.....
۲۷۰	۱-۶-۸- حل کلاسیک.....
۲۷۰	۲-۶-۸- فضای حالت.....
۲۷۱	۳-۶-۸- نوشتن معادلات ساختمان بلند در فضای حالت.....
۲۷۳	۷-۸- افزودن روابط سیستم‌های کنترل TMD و ATMD به معادلات ساختمان بلند.....
۲۷۳	۱-۷-۸- سیستم کنترل غیرفعال میراگر و جرم تنظیم شونده (TMD).....
۲۷۷	۲-۷-۸- کنترل میراگر و جرم تنظیم شونده فعال (ATMD).....
۲۷۷	۸-۸- کنترل فعال ساختمان بلند با استفاده از روش LQR.....
۲۸۰	۹-۸- کنترل فعال ساختمان‌های بلند با استفاده از منطق فازی.....
۲۸۱	۱-۹-۸- سیستم فازی مبدانی با دو ورودی و یک خروجی همراه با جدول جستجوی فازی ۵×۵ (FLC5).....

فصل نهم: سیستم های جداساز لرزه ای

- ۲۹۲ ۱-۹- مفاهیم پایه از سازه های ساختمانی جداسازی شده لرزه ای
- ۲۹۲ ۱-۱-۹- معادلات یک درجه آزادی
- ۲۹۵ ۲-۱-۹- روابط حرکت چند درجه آزادی
- ۳۰۵ ۲-۹- خصوصیات مکانیکی جداساز و تکنیک های مدل سازی کامپوتری
- ۳۰۵ ۱-۲-۹- مقدمه
- ۳۰۶ ۲-۲-۹- مدل و خطی و پارامتر های مدل
- ۳۰۸ ۳-۲-۹- مدل دو خطی سیستم با سه سرب
- ۳۰۹ ۴-۲-۹- مدل دو خطی سیستم لاسرک میرا
- ۳۱۰ ۵-۲-۹- مدل دو خطی از سیستم پاندول اصطکاکی
- ۳۱۱ ۶-۲-۹- مدل سازی کامپوتری از سیستم جداساز
- ۳۱۴ ۳-۹- ضوابط آیین نامه ای برای طراحی سازه های جداسازی شده لرزه ای
- ۳۱۴ ۱-۳-۹- مقدمه
- ۳۱۵ ۲-۳-۹- حرکت لرزه ای زمین
- ۳۱۸ ۳-۳-۹- انتخاب روش تحلیل
- ۳۲۱ ۴-۳-۹- روش بار جانی معادل
- ۳۲۱ ۱-۴-۳-۹- جابجایی طراحی و سختی موثر متناظر
- ۳۲۳ ۳-۴-۳-۹- جابجایی طرح کلی و جابجایی حداکثر کلی
- ۳۲۴ ۴-۴-۳-۹- حداقل نیروی جانی
- ۳۲۷ ۵-۳-۹- روش تحلیل دینامیکی

۳۲۷	۱-۵-۳-۹- ضوابط کلی تحلیل دینامیکی.....
۳۲۸	۲-۵-۳-۹- حد پایین تغییر مکان‌های جانبی و نیروی جانبی.....
۳۲۹	۳-۵-۳-۹- تحلیل طیف پاسخ.....
۳۳۲	۴-۵-۳-۹- ضوابط ویژه برای تحلیل تاریخچه زمانی پاسخ.....
۳۳۴	۴-۹- مثالهای طراحی.....
۳۴۶	۵-۹- بررسی آزمایشگاهی و تعیین خواص جداسازها.....
۳۴۶	۱-۵-۹- ضوابط آزمایشگاهی ASCE 7-05.....
۳۴۸	۲-۵-۹- اصلاح ویژگی‌های - سار.....
۳۵۱	مراجع فصل ۹.....

فصل پنجم: آشنایی با نرم افزار MATLAB

۳۶۱	۱-۱۰- مقدمه.....
۳۸۴	۲-۱۰- جمع، تفریق، ضرب و تقسیم.....
۳۹۰	۳-۱۰- محاسباتی توابع ماتریسی.....
۳۹۹	۴-۱۰- رسم منحنی.....
۴۱۰	۵-۱۰- نمودارهای سه بعدی.....
۴۱۲	۶-۱۰- رسم شکلهای هندسی با MATLAB.....
۴۲۳	بررسی های اولیه تحلیل سیستم های دینامیکی با MATLAB.....
۴۲۳	۷-۱۰- بسط به کسرهای جزئی با MATLAB.....
۴۳۴	۸-۱۰- تبدیل مدل‌های ریاضی سیستم‌های دینامیکی.....
۴۴۱	۹-۱۰- نمایش سیستم به صورت نمودار بلوکی در MATLAB.....

۴۵۲ تحلیل پاسخ گذرا

۴۵۲ ۱۰-۱۰ مقدمه

۴۵۲ ۱۱-۱۰ پاسخ پله

۴۸۷ ۱۲-۱۰ پاسخ ضربه

۴۹۲ ۱۳-۱۰ پاسخ شیب

۴۹۸ ۱۴-۱۰ پاسخ به رای رودی دلخواه

۵۰۸ ۱۵-۱۰ پاسخ به ازای شرایط رای دلخواه

۵۱۷ ۱۶-۱۰ نمودارهای سه بعدی

پیوست

۵۳۳ پیوست

مراجع

۴۰۵ مراجع