بسم الله الرّحمن الرّحيم

دانشکده‌ی فنی- مهندسی عمران
گروه مهندسی سازه

پایان نامه

برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد در رشته‌ی مهندسی عمران – سازه

عنوان

انتخاب شتاب‌نگاشت مناسب برای سازه‌های نزدیک گسل

استاد راهنما

دکتر عبدالرحیم جلالی

استاد مشاور

دکتر مجید برقیان

پژوهشگر

آرش اکبری حامد

شهریور ۸۹

تقدیم به

مادر و پدر عزیزم

سپاس

علم چون بر دل زند یاری شود علم چون بر تن زند باری شود

"مولانا جلالدین بلخی"

علمی که بدون حضور استادی صاحب‌دل آموخته شود، علمی است ناتمام. چنین علمی، جوینده‌اش را به معرفت ناب رهنمون نمی‌گردد. در آغاز بر خود لازم می‌دانم تا مراتب سپاس و قدردانی ویژه‌ی خویش را با صمیمیت هر چه تمام‌تر به محضر استاد راهنمای گران‌مایه جناب آقای دکتر جلالی که با راهنمایی‌های ارزنده‌ی خود راهگشای اینجانب بودند و با سعه‌ی صدر و علم و درایت همواره مرا مرهون الطاف خود قرار دادند و جناب آقای دکتر برقیان که به عنوان استاد مشاور مرا در تنگناها مشاوره دادند، تقدیم کنم. بر آستان مقدس حضرت دوست سپاس که به بنده‌ی حقیر در طی گذر عمر در این دیر کهن فرصتی هدیه داد تا از وجود اساتید و دانشمندان فرزانه انسانیت، بزرگواری و دانش بیاموزم تا ریزه‌خوار سفره‌ی علم و معرفتشان باشم.

نام خانوادگی: اکبری حامد **نام:** آرش

عنوان پایان نامه: انتخاب شتاب‌نگاشت مناسب برای سازه‌های نزدیک گسل

استاد راهنما: دکتر عبدالرحیم جلالی

استاد مشاور: دکتر مجید برقیان

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **دانشگاه:** تبریز **دانشکده:** مهندسی عمران

رشته: مهندسی عمران **گرایش:** مهندسی سازه

تاریخ فارغ‌التحصیلی: ۸۹/۶/۲۷ **تعداد صفحه:** ۱۷۲

کلید واژه‌ها: کارآیی، کفایت، مقیاس شدت زمین‌لرزه، عملکرد، شکل طیفی.

چکیده:

مقیاس شدت زمین‌لرزه یکی از مشخصه‌های شتاب‌نگاشت‌ها می‌باشد که شدت یک زلزله را تعیین می‌کند و برای بررسی عملکرد سازه‌ها و مقیاس‌بندی شتاب‌نگاشت‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این پایان‌نامه دو مقیاس شدت زمین‌لرزه‌ی اسکالر و یک مقیاس شدت زمین‌لرزه‌ی برداری معرفی خواهند شد که به ترتیب عبارتند از : ۱) تغییرمکان طیفی غیرارتجاعی (S_{di})، ۲) مقیاس در نظرگیرنده‌ی مد دوم و اثرات غیرارتجاعی ($IM_{1I\&2E}$) و ۳) مقیاس متشکل از دو پارامتر شبه شتاب طیفی در دوره‌ی تناوب اول ($S_a(T_1)$) و نسبت شبه شتاب طیفی در یک دوره‌ی تناوب دلخواه به $S_a(T_1)$ ($R_{T1,T2}$). در این نوشتار به بررسی کفایت و کارآیی مقیاس‌های شدت زمین‌لرزه‌ی مذکور در پیش‌بینی پاسخ سازه‌های نزدیک گسل پرداخته خواهد شد. هدف اصلی این پایان‌نامه، ارزیابی کفایت وکارآیی مقیاس‌های شدت زمین‌لرزه نسبت به پارامترهای بزرگی زمین‌لرزه (M)، فاصله تا گسل (R)، پارامترهای نزدیک گسل ($Xcos(\theta)$ یا $Ycos(\phi)$) و دوره‌ی تناوب ضربه‌ی سرعت (T_p) برای پاسخ‌های سازه‌ای مدل‌های ساختمانی فولادی و بتنی با تعداد طبقات و سیستم‌های قابی متفاوت است. همچنین تغییرمکان نسبی میان طبقاتی بیشینه (θ_{max}) و شتاب کف بیشینه (a_{max}) به عنوان پاسخ‌های سازه‌ای در نظر گرفته می‌شوند. پس از انتخاب شتاب‌نگاشت‌ها، مولفه‌ی عمود بر گسل آن‌ها محاسبه می‌شود؛ سپس این مولفه‌ها روی مدل‌های دوبعدی سازه‌ها اثر داده می‌شوند و پاسخ‌های آن‌ها با استفاده از تحلیل‌های تاریخچه زمانی غیرخطی محاسبه می‌شوند. پس از محاسبه‌ی مقیاس‌های شدت زمین‌لرزه برای هر رکورد، برای بررسی کارآیی و کفایت هر کدام از این مقیاس‌ها از تحلیل‌های رگرسیون استفاده می‌شود. با توجه به نتایج حاصله مشاهده شده است که S_{di} نسبت به $IM_{1I\&2E}$ وضعیت بهتری دارد، ولی برای افزایش دقت بهتر است با پارامتر دیگری مورد استفاده قرار گیرد. همچنین مشاهده شد که مقیاس شدت زمین‌لرزه‌ی برداری برای سازه‌های فولادی مناسب بوده ولی برای سازه‌های بتنی فقط با در نظر گرفتن پاسخ a_{max} کفایت و کارآیی لازم را برآورده می‌کند.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه ۱

فصل اول : بررسی منابع ۴

فصل دوم : مواد و روش‌ها ۱۶
۲-۱- دیدگاه کلی ۱۷
۲-۱-۱- مقیاس‌های شدت زمین‌لرزه‌ی اسکالر و برداری ۱۷
۲-۱-۱-۱- مقیاس‌های اسکالر ۱۷
۲-۱-۱-۲- مقیاس‌های برداری ۱۹
۲-۲- تئوری و الگوریتم بررسی کفایت و کارآیی ۲۱
۲-۲-۱- مقیاس‌های شدت زمین‌لرزه‌ی اسکالر ۲۱
۲-۲-۲- مقیاس شدت زمین‌لرزه‌ی برداری ۲۴
۲-۲-۳- مراحل انجام پایان‌نامه ۲۵
۲-۳- مدل‌های ساختمانی ۲۸
۲-۳-۱- کلیات ۲۸
۲-۳-۲- مشخصات مفاصل ۲۹
۲-۳-۳- مشخصات ارتعاش مودال ۳۱
۲-۳-۴- پلان و نمای جانبی مدل‌های ساختمانی ۳۲
۲-۳-۴-۱- پلان و قاب‌های ۱و ۲ ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۳۲
۲-۳-۴-۲- پلان و قاب‌های ۱و ۲ ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۳۳
۲-۳-۴-۳- پلان و قاب‌های ۱و ۲ ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۳۴
۲-۳-۴-۴- پلان و قاب‌های ۱و ۲ ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۳۵
۲-۳-۴-۵- پلان و قاب‌های ۱و ۲ ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۳۶
۲-۳-۴-۶- پلان و قاب‌های ۱و ۲ ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۳۷
۲-۳-۴-۷- پلان و قاب‌های ۱و ۲ ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۳۸
۲-۳-۴-۸- پلان و قاب‌های ۱و ۲ ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۳۹
۲-۳-۴-۹- پلان و قاب‌های ۱و ۲ ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۴۰
۲-۳-۴-۱۰- پلان و قاب‌های ۱و ۲ ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۴۱
۲-۳-۵- مقاطع ساختمان‌های طراحی شده ۴۲
۲-۳-۵-۱- ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۴۲
۲-۳-۵-۲- ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۴۴

۲-۳-۵-۳- ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۴۵
۲-۳-۵-۴- ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۴۶
۲-۳-۵-۵- ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۴۷
۲-۳-۵-۶- ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۵۱
۲-۳-۵-۷- ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۵۳
۲-۳-۵-۸- ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۵۴
۲-۳-۵-۹- ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۵۵
۲-۳-۵-۱۰- ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۵۹
۲-۳-۶- منحنی‌های تحلیل استاتیکی غیرخطی پوش‌اور برای مدل‌های ساختمانی ۶۱
۲-۴- رکوردهای زمین‌لرزه‌ی نزدیک گسل ۷۳
۲-۴-۱- مشخصات رکوردهای انتخاب شده ۷۳
۲-۴-۲- نمودارهای تاریخچه‌ی زمانی مولفه‌های عمود بر گسل ۷۷

فصل سوم : نتایج و بحث ۸۳
۳-۱- کلیات ۸۴
۳-۱-۱- مقیاس‌های شدت زمین‌لرزه‌ی اسکالر پیشرفته ۸۴
۳-۱-۲- مقیاس شدت زمین‌لرزه‌ی برداری ۸۵
۳-۲- مقایسه‌ی نتایج تحلیل مدل ساختمانی LA9 ..... ۸۵
۳-۳- مقایسه‌ی IM_{1Bazz} و S_{di} ۸۷
۳-۳-۱- ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۸۷
۳-۳-۱-۱- زاویه‌ی تغییرمکان نسبی میان طبقاتی بیشینه ۸۷
۳-۳-۱-۱-۱- IM_{1Bazz} ۸۷
۳-۳-۱-۱-۲- S_{di} ۸۸
۳-۳-۱-۲- شتاب کف بیشینه ۹۱
۳-۳-۱-۲-۱- IM_{1Bazz} ۹۱
۳-۳-۱-۲-۲- S_{di} ۹۲
۳-۳-۲- ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۹۴
۳-۳-۲-۱- زاویه‌ی تغییرمکان نسبی میان طبقاتی بیشینه ۹۴
۳-۳-۲-۱-۱- IM_{1Bazz} ۹۴
۳-۳-۲-۱-۲- S_{di} ۹۵
۳-۳-۲-۲- شتاب کف بیشینه ۹۷
۳-۳-۲-۲-۱- IM_{1Bazz} ۹۷
۳-۳-۲-۲-۲- S_{di} ۹۸
۳-۳-۳- ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۰۰
۳-۳-۳-۱- زاویه‌ی تغییرمکان نسبی میان طبقاتی بیشینه ۱۰۰
۳-۳-۳-۱-۱- IM_{1Bazz} ۱۰۰

۳-۳-۱-۲- S_{di} ۱۰۱
۳-۳-۲-۳- شتاب کف بیشینه ۱۰۳
۳-۳-۲-۱- IM_{LISAE} ۱۰۳
۳-۳-۲-۲- S_{di} ۱۰۴
۳-۳-۴- ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۰۶
۳-۳-۴-۱- زاویه‌ی تغییرمکان نسبی میان طبقاتی بیشینه ۱۰۶
۳-۳-۴-۱-۱- IM_{LISAE} ۱۰۶
۳-۳-۴-۱-۲- S_{di} ۱۰۷
۳-۳-۴-۲- شتاب کف بیشینه ۱۰۹
۳-۳-۴-۲-۱- IM_{LISAE} ۱۰۹
۳-۳-۴-۲-۲- S_{di} ۱۱۰
۳-۳-۵- ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۱۱۲
۳-۳-۵-۱- زاویه‌ی تغییرمکان نسبی میان طبقاتی بیشینه ۱۱۲
۳-۳-۵-۱-۱- IM_{LISAE} ۱۱۲
۳-۳-۵-۱-۲- S_{di} ۱۱۳
۳-۳-۵-۲- شتاب کف بیشینه ۱۱۵
۳-۳-۵-۲-۱- IM_{LISAE} ۱۱۵
۳-۳-۵-۲-۲- S_{di} ۱۱۶
۳-۳-۶- ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۱۸
۳-۳-۶-۱- زاویه‌ی تغییرمکان نسبی میان طبقاتی بیشینه ۱۱۸
۳-۳-۶-۱-۱- IM_{LISAE} ۱۱۸
۳-۳-۶-۱-۲- S_{di} ۱۱۹
۳-۳-۶-۲- شتاب کف بیشینه ۱۲۱
۳-۳-۶-۲-۱- IM_{LISAE} ۱۲۱
۳-۳-۶-۲-۲- S_{di} ۱۲۲
۳-۳-۷- ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۲۴
۳-۳-۷-۱- زاویه‌ی تغییرمکان نسبی میان طبقاتی بیشینه ۱۲۴
۳-۳-۷-۱-۱- IM_{LISAE} ۱۲۴
۳-۳-۷-۱-۲- S_{di} ۱۲۵
۳-۳-۷-۲- شتاب کف بیشینه ۱۲۷
۳-۳-۷-۲-۱- IM_{LISAE} ۱۲۷
۳-۳-۷-۲-۲- S_{di} ۱۲۸
۳-۳-۸- ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۳۰
۳-۳-۸-۱- زاویه‌ی تغییرمکان نسبی میان طبقاتی بیشینه ۱۳۰

۳-۳-۸-۱-۱- $IM_{\text{طراحی}}$ ۱۳۰
۳-۳-۸-۱-۲- S_{di} ۱۳۱
۳-۳-۸-۲- شتاب کف بیشینه ۱۳۳
۳-۳-۸-۲-۱- $IM_{\text{طراحی}}$ ۱۳۳
۳-۳-۸-۲-۲- S_{di} ۱۳۴
۳-۳-۹- ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۳۶
۳-۳-۹-۱- زاویه‌ی تغییرمکان نسبی میان طبقاتی بیشینه ۱۳۶
۳-۳-۹-۱-۱- $IM_{\text{طراحی}}$ ۱۳۶
۳-۳-۹-۱-۲- S_{di} ۱۳۷
۳-۳-۹-۲- شتاب کف بیشینه ۱۳۹
۳-۳-۹-۲-۱- $IM_{\text{طراحی}}$ ۱۳۹
۳-۳-۹-۲-۲- S_{di} ۱۴۰
۳-۳-۱۰- ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۴۲
۳-۳-۱۰-۱- زاویه‌ی تغییرمکان نسبی میان طبقاتی بیشینه ۱۴۲
۳-۳-۱۰-۱-۱- $IM_{\text{طراحی}}$ ۱۴۲
۳-۳-۱۰-۱-۲- S_{di} ۱۴۳
۳-۳-۱۰-۲- شتاب کف بیشینه ۱۴۵
۳-۳-۱۰-۲-۱- $IM_{\text{طراحی}}$ ۱۴۵
۳-۳-۱۰-۲-۲- S_{di} ۱۴۵
۳-۴- مقیاس شدت زمین‌لرزه‌ی برداری ۱۵۰
۳-۴-۱- ارزیابی کارآیی مقیاس شدت زمین‌لرزه‌ی برداری ۱۵۰
۳-۴-۲- ارزیابی کفایت مقیاس شدت زمین‌لرزه‌ی برداری ۱۵۱
۳-۵- نتیجه‌گیری ۱۵۵
۳-۶- پیشنهادات ۱۵۶

ضمائم ۱۵۷
ضمیمه‌ی الف : ضرایب مشارکت ۱۵۸
ضمیمه‌ی ب : تغییرمکان تسلیم ۱۶۰
ضمیمه‌ی پ : کد برنامه‌ی MATLAB برای تحلیل رگرسیون ۱۶۲
ضمیمه‌ی ت : نحوه‌ی ایجاد مدل‌های دوبعدی در نرم‌افزار SAP2000 ..... ۱۶۴

منابع مورد استفاده ۱۷۰

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- شرح محاسبه‌ی $R_{T_1 \& T_2}$ با استفاده از طیف پاسخ ۷

شکل ۲-۱- منحنی لنگر-دوران مفصل پلاستیک M3 ..... ۲۹
شکل ۲-۲- منحنی نیرو-جابجایی مفصل پلاستیک P ۳۰
شکل ۲-۳- منحنی لنگر-دوران مفصل پلاستیک P-M3 ..... ۳۰
شکل ۲-۴- پلان ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۳۲
شکل ۲-۵- قاب محور ۱ ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۳۲
شکل ۲-۶- شکل- قاب محور ۲ ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۳۲
شکل ۲-۷- پلان ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۳۳
شکل ۲-۸- قاب محور ۱ ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۳۳
شکل ۲-۹- قاب محور ۲ ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۳۳
شکل ۲-۱۰- پلان ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۳۴
شکل ۲-۱۱- قاب محور ۱ ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۳۴
شکل ۲-۱۲- قاب محور ۲ ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۳۴
شکل ۲-۱۳- پلان ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۳۵
شکل ۲-۱۴- قاب محور ۱ ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۳۵
شکل ۲-۱۵- قاب محور ۲ ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۳۵
شکل ۲-۱۶- پلان ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۳۶
شکل ۲-۱۷- قاب محور ۱ ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۳۶
شکل ۲-۱۸- قاب محور ۲ ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۳۶
شکل ۲-۱۹- پلان ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۳۷
شکل ۲-۲۰- قاب محور ۱ ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۳۷
شکل ۲-۲۱- قاب محور ۲ ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۳۷
شکل- ۲-۲۲- پلان ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۳۸
شکل ۲-۲۳- قاب محور ۱ ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۳۸
شکل ۲-۲۴- قاب محور ۲ ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۳۸
شکل ۲-۲۵- پلان ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۳۹
شکل ۲-۲۶- قاب محور ۱ ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۳۹

شکل ۲-۲۷- قاب محور ۲ ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۳۹
شکل ۲-۲۸- پلان ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۴۰
شکل ۲-۲۹- قاب محور ۱ ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۴۰
شکل ۲-۳۰- قاب محور ۲ ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۴۰
شکل ۲-۳۱- پلان ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۴۱
شکل ۲-۳۲- قاب محور ۱ ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۴۱
شکل ۲-۳۳- قاب محور ۲ ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۴۱
شکل۲-۳۴- منحنی تحلیل استاتیکی غیرخطی پوش‌اور برای ساختمان LA9 ..... ۶۱
شکل ۲-۳۵- منحنی تحلیل استاتیکی غیرخطی پوش‌اور برای ساختمان ۳ طبقه‌ی بتنی دوگانه ۶۲
شکل ۲-۳۶- منحنی تحلیل استاتیکی غیرخطی پوش‌اور برای ساختمان ۳ طبقه‌ی بتنی خمشی ۶۳
شکل ۲-۳۷- منحنی تحلیل استاتیکی غیرخطی پوش‌اور برای ساختمان ۳ طبقه‌ی فولادی دوگانه ۶۴
شکل ۲-۳۸- منحنی تحلیل استاتیکی غیرخطی پوش‌اور برای ساختمان ۳ طبقه‌ی فولادی خمشی ۶۵
شکل ۲-۳۹- منحنی تحلیل استاتیکی غیرخطی پوش‌اور برای ساختمان ۹ طبقه‌ی بتنی دوگانه ۶۶
شکل ۲-۴۰- منحنی تحلیل استاتیکی غیرخطی پوش‌اور برای ساختمان ۹ طبقه‌ی بتنی خمشی ۶۷
شکل ۲-۴۱- منحنی تحلیل استاتیکی غیرخطی پوش‌اور برای ساختمان ۹ طبقه‌ی فولادی دوگانه ۶۸
شکل ۲-۴۲- منحنی تحلیل استاتیکی غیرخطی پوش‌اور برای ساختمان ۹ طبقه‌ی فولادی خمشی ۶۹
شکل ۲-۴۳- منحنی تحلیل استاتیکی غیرخطی پوش‌اور برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی بتنی خمشی ۷۰
شکل ۲-۴۴- منحنی تحلیل استاتیکی غیرخطی پوش‌اور برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی فولادی خمشی ۷۱
شکل ۲-۴۵- دامنه‌ی بزرگی و فاصله‌ی رکوردهای زمین‌لرزه‌ی ضربه‌ای و نزدیک گسل ۷۳
شکل ۲-۴۶- پارامترهای مشخص‌کننده‌ی موقعیت یک گسل ۷۴
شکل ۲-۴۷- نمایش نحوه‌ی تعریف پارامترهای $X=\frac{s}{L}$ و $Y=\frac{d}{w}$ ۷۴
شکل ۲-۴۸- تاریخچه‌ی زمانی مولفه‌های عمود بر گسل زمین‌لرزه‌های نزدیک گسل ۷۹

شکل۳-۱- رگرسیون θ_{max} نسبت به IM_{Life} برای ساختمان LA9 ..... ۸۶
شکل ۳-۲- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Life}$ نسبت به M برای ساختمان LA9 ..... ۸۶
شکل ۳-۳- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Life}$ نسبت به R برای ساختمان LA9 ..... ۸۶
شکل ۳-۴- رگرسیون θ_{max} نسبت به IM_{Life} برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۹۰
شکل ۳-۵- رگرسیون θ_{max} نسبت به S_{dl} برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۹۰
شکل ۳-۶- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Life}$ نسبت به M برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۹۰
شکل ۳-۷- رگرسیون $\varepsilon|S_{dl}$ نسبت به M برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۹۰
شکل ۳-۸- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Life}$ نسبت به R برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۹۰
شکل ۳-۹- رگرسیون $\varepsilon|S_{dl}$ نسبت به R برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۹۰
شکل ۳-۱۰- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Life}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۹۰
شکل ۳-۱۱- رگرسیون $\varepsilon|S_{dl}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم

دوگانه ۹۰
شکل ۳-۱۲- رگرسیون α_{max} نسبت به $IM_{Hilbert}$ برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۹۳
شکل ۳-۱۳- رگرسیون α_{max} نسبت به S_{d1} برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۹۳
شکل ۳-۱۴- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Hilbert}$ نسبت به M برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۹۳
شکل ۳-۱۵- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به M برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۹۳
شکل ۳-۱۶- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Hilbert}$ نسبت به R برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۹۳
شکل ۳-۱۷- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به R برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۹۳
شکل ۳-۱۸- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Hilbert}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۹۳
شکل ۳-۱۹- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۹۳
شکل ۳-۲۰- رگرسیون θ_{max} نسبت به $IM_{Hilbert}$ برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۹۶
شکل ۳-۲۱- رگرسیون θ_{max} نسبت به S_{d1} برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۹۶
شکل ۳-۲۲- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Hilbert}$ نسبت به M برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۹۶
شکل ۳-۲۳- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به M برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۹۶
شکل ۳-۲۴- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Hilbert}$ نسبت به R برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۹۶
شکل ۳-۲۵- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به R برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۹۶
شکل ۳-۲۶- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Hilbert}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۹۶
شکل ۳-۲۷- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۹۶
شکل ۳-۲۸- رگرسیون α_{max} نسبت به $IM_{Hilbert}$ برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۹۹
شکل ۳-۲۹- رگرسیون α_{max} نسبت به S_{d1} برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۹۹
شکل ۳-۳۰- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Hilbert}$ نسبت به M برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۹۹
شکل ۳-۳۱- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به M برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۹۹
شکل ۳-۳۲- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Hilbert}$ نسبت به R برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۹۹
شکل ۳-۳۳- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به R برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۹۹
شکل ۳-۳۴- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Hilbert}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۹۹
شکل ۳-۳۵- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۹۹
شکل ۳-۳۶- رگرسیون θ_{max} نسبت به $IM_{Hilbert}$ برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۰۲
شکل ۳-۳۷- رگرسیون θ_{max} نسبت به S_{d1} برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۰۲
شکل ۳-۳۸- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Hilbert}$ نسبت به M برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۰۲
شکل ۳-۳۹- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به M برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۰۲
شکل ۳-۴۰- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Hilbert}$ نسبت به R برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۰۲

شکل ۳-۴۱- رگرسیون S_{d1} نسبت به R برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۰۲
شکل ۳-۴۲- رگرسیون IM_{Sa} نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۰۲
شکل ۳-۴۳- رگرسیون S_{d1} نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۰۲
شکل ۳-۴۴- رگرسیون α_{max} نسبت به IM_{Sa} برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۰۵
شکل ۳-۴۵- رگرسیون α_{max} نسبت به S_{d1} برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۰۵
شکل ۳-۴۶- رگرسیون IM_{Sa} نسبت به M برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۰۵
شکل ۳-۴۷- رگرسیون S_{d1} نسبت به M برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۰۵
شکل ۳-۴۸- رگرسیون IM_{Sa} نسبت به R برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۰۵
شکل ۳-۴۹- رگرسیون S_{d1} نسبت به R برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۰۵
شکل ۳-۵۰- رگرسیون IM_{Sa} نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۰۵
شکل ۳-۵۱- رگرسیون S_{d1} نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۰۵
شکل ۳-۵۲- رگرسیون θ_{max} نسبت به IM_{Sa} برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۰۸
شکل ۳-۵۳- رگرسیون θ_{max} نسبت به S_{d1} برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۰۸
شکل ۳-۵۴- رگرسیون IM_{Sa} نسبت به M برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۰۸
شکل ۳-۵۵- رگرسیون S_{d1} نسبت به M برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۰۸
شکل ۳-۵۶- رگرسیون IM_{Sa} نسبت به R برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۰۸
شکل ۳-۵۷- رگرسیون S_{d1} نسبت به R برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۰۸
شکل ۳-۵۸- رگرسیون IM_{Sa} نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۰۸
شکل ۳-۵۹- رگرسیون S_{d1} نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۰۸
شکل ۳-۶۰- رگرسیون α_{max} نسبت به IM_{Sa} برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۱۱
شکل ۳-۶۱- رگرسیون α_{max} نسبت به S_{d1} برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۱۱
شکل ۳-۶۲- رگرسیون IM_{Sa} نسبت به M برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۱۱
شکل ۳-۶۳- رگرسیون S_{d1} نسبت به M برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۱۱
شکل ۳-۶۴- رگرسیون IM_{Sa} نسبت به R برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۱۱
شکل ۳-۶۵- رگرسیون S_{d1} نسبت به R برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۱۱
شکل ۳-۶۶- رگرسیون IM_{Sa} نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۱۱
شکل ۳-۶۷- رگرسیون S_{d1} نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۱۱

شکل ۳-۶۸- رگرسیون θ_{max} نسبت به IM_{Life} برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۱۱۴
شکل ۳-۶۹- رگرسیون θ_{max} نسبت به S_{d1} برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۱۱۴
شکل ۳-۷۰- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Life}$ نسبت به M برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۱۱۴
شکل ۳-۷۱- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به M برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۱۱۴
شکل ۳-۷۲- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Life}$ نسبت به R برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۱۱۴
شکل ۳-۷۳- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به R برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۱۱۴
شکل ۳-۷۴- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Life}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۱۱۴
شکل ۳-۷۵- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۱۱۴
شکل ۳-۷۶- رگرسیون α_{max} نسبت به IM_{Life} برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۱۱۷
شکل ۳-۷۷- رگرسیون α_{max} نسبت به S_{d1} برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۱۱۷
شکل ۳-۷۸- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Life}$ نسبت به M برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۱۱۷
شکل ۳-۷۹- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به M برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۱۱۷
شکل ۳-۸۰- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Life}$ نسبت به R برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۱۱۷
شکل ۳-۸۱- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به R برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۱۱۷
شکل ۳-۸۲- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Life}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۱۱۷
شکل ۳-۸۳- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۱۱۷
شکل ۳-۸۴- رگرسیون θ_{max} نسبت به IM_{Life} برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۲۰
شکل ۳-۸۵- رگرسیون θ_{max} نسبت به S_{d1} برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۲۰
شکل ۳-۸۶- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Life}$ نسبت به M برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۲۰
شکل ۳-۸۷- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به M برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۲۰
شکل ۳-۸۸- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Life}$ نسبت به R برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۲۰
شکل ۳-۸۹- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به R برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۲۰
شکل ۳-۹۰- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Life}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۲۰
شکل ۳-۹۱- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۲۰
شکل ۳-۹۲- رگرسیون α_{max} نسبت به IM_{Life} برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۲۳
شکل ۳-۹۳- رگرسیون α_{max} نسبت به S_{d1} برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۲۳
شکل ۳-۹۴- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Life}$ نسبت به M برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۲۳
شکل ۳-۹۵- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به M برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۲۳
شکل ۳-۹۶- رگرسیون $\varepsilon|IM_{Life}$ نسبت به R برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۲۳
شکل ۳-۹۷- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به R برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۲۳

شکل ۳-۹۸- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\&2E}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۲۳
شکل ۳-۹۹- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۲۳
شکل ۳-۱۰۰- رگرسیون θ_{max} نسبت به $IM_{1\&2E}$ برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۲۶
شکل ۳-۱۰۱- رگرسیون θ_{max} نسبت به S_{d1} برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۲۶
شکل ۳-۱۰۲- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\&2E}$ نسبت به M برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۲۶
شکل ۳-۱۰۳- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به M برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۲۶
شکل ۳-۱۰۴- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\&2E}$ نسبت به R برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۲۶
شکل ۳-۱۰۵- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به R برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۲۶
شکل ۳-۱۰۶- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\&2E}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۲۶
شکل ۳-۱۰۷- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۲۶
شکل ۳-۱۰۸- رگرسیون α_{max} نسبت به $IM_{1\&2E}$ برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۲۹
شکل ۳-۱۰۹- رگرسیون α_{max} نسبت به S_{d1} برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۲۹
شکل ۳-۱۱۰- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\&2E}$ نسبت به M برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۲۹
شکل ۳-۱۱۱- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به M برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۲۹
شکل ۳-۱۱۲- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\&2E}$ نسبت به R برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۲۹
شکل ۳-۱۱۳- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به R برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۲۹
شکل ۳-۱۱۴- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\&2E}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۲۹
شکل ۳-۱۱۵- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۱۲۹
شکل ۳-۱۱۶- رگرسیون θ_{max} نسبت به $IM_{1\&2E}$ برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۳۲
شکل ۳-۱۱۷- رگرسیون θ_{max} نسبت به S_{d1} برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۳۲
شکل ۳-۱۱۸- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\&2E}$ نسبت به M برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۳۲
شکل ۳-۱۱۹- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به M برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۳۲
شکل ۳-۱۲۰- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\&2E}$ نسبت به R برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۳۲
شکل ۳-۱۲۱- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به R برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۳۲
شکل ۳-۱۲۲- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\&2E}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۳۲
شکل ۳-۱۲۳- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۳۲
شکل ۳-۱۲۴- رگرسیون α_{max} نسبت به $IM_{1\&2E}$ برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۳۵
شکل ۳-۱۲۵- رگرسیون α_{max} نسبت به S_{d1} برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۳۵

شکل ۳-۱۲۶- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\%50Y}$ نسبت به M برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۳۵
شکل ۳-۱۲۷- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به M برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۳۵
شکل ۳-۱۲۸- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\%50Y}$ نسبت به R برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۳۵
شکل ۳-۱۲۹- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به R برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۳۵
شکل ۳-۱۳۰- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\%50Y}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۳۵
شکل ۳-۱۳۱- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۳۵
شکل ۳-۱۳۲- رگرسیون θ_{max} نسبت به $IM_{1\%50Y}$ برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۳۸
شکل ۳-۱۳۳- رگرسیون θ_{max} نسبت به S_{d1} برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۳۸
شکل ۳-۱۳۴- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\%50Y}$ نسبت به M برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۳۸
شکل ۳-۱۳۵- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به M برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۳۸
شکل ۳-۱۳۶- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\%50Y}$ نسبت به R برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۳۸
شکل ۳-۱۳۷- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به R برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۳۸
شکل ۳-۱۳۸- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\%50Y}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۳۸
شکل ۳-۱۳۹- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۳۸
شکل ۳-۱۴۰- رگرسیون α_{max} نسبت به $IM_{1\%50Y}$ برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۴۱
شکل ۳-۱۴۱- رگرسیون α_{max} نسبت به S_{d1} برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۴۱
شکل ۳-۱۴۲- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\%50Y}$ نسبت به M برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۴۱
شکل ۳-۱۴۳- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به M برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۴۱
شکل ۳-۱۴۴- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\%50Y}$ نسبت به R برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۴۱
شکل ۳-۱۴۵- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به R برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۴۱
شکل ۳-۱۴۶- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\%50Y}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۴۱
شکل ۳-۱۴۷- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۱۴۱
شکل ۳-۱۴۸- رگرسیون θ_{max} نسبت به $IM_{1\%50Y}$ برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۴۴
شکل ۳-۱۴۹- رگرسیون θ_{max} نسبت به S_{d1} برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۴۴
شکل ۳-۱۵۰- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\%50Y}$ نسبت به M برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۴۴
شکل ۳-۱۵۱- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به M برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۴۴
شکل ۳-۱۵۲- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\%50Y}$ نسبت به R برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۴۴
شکل ۳-۱۵۳- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به R برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۴۴
شکل ۳-۱۵۴- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\%50Y}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۴۴

شکل ۳-۱۵۵- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۴۴
شکل ۳-۱۵۶- رگرسیون a_{max} نسبت به $IM_{1\&2s}$ برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۴۷
شکل ۳-۱۵۷- رگرسیون a_{max} نسبت به S_{d1} برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۴۷
شکل ۳-۱۵۸- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\&2s}$ نسبت به M برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۴۷
شکل ۳-۱۵۹- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به M برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۴۷
شکل ۳-۱۶۰- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\&2s}$ نسبت به R برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۴۷
شکل ۳-۱۶۱- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به R برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۴۷
شکل ۳-۱۶۲- رگرسیون $\varepsilon|IM_{1\&2s}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۴۷
شکل ۳-۱۶۳- رگرسیون $\varepsilon|S_{d1}$ نسبت به $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$ برای ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۱۴۷
شکل ۳-۱۶۴- رگرسیون θ_{max} نسبت به $R_{2.7s,0.9s}$ و $R_{2.7s,5.4s}$ برای تعیین کارآیی IM (σ) برداری برای مدل ساختمانی فولادی در تراز $S_a(T_1)/\gamma=3g$ ۱۵۱
شکل ۳-۱۶۵- رگرسیون a_{max} نسبت به $R_{2.7s,0.9s}$ و $R_{2.7s,5.4s}$ برای تعیین کارآیی IM (σ) برداری برای مدل ساختمانی فولادی در تراز $S_a(T_1)/\gamma=3g$ ۱۵۱
شکل ۳-۱۶۶- (الف) رسم بزرگی زمین‌لرزه، M، در مقابل پس‌ماندهای ناشی از پیش‌بینی توسط (الف) S_a(2.7s) ، (ب) S_a(2.7s)و $R_{2.7s,0.9s}$ برای تعیین کفایت IM برداری ۱۵۲
شکل ۳-۱۶۷- (الف) رسم فاصله از گسل، R، در مقابل پس‌ماندهای ناشی از پیش‌بینی توسط (الف) S_a(2.7s) ، (ب) S_a(2.7s)و $R_{2.7s,0.9s}$ برای تعیین کفایت IM برداری ۱۵۲
شکل ۳-۱۶۸- (الف) رسم پارامترهای نزدیک گسل، $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$، در مقابل پس‌ماندهای ناشی از پیش‌بینی توسط (الف) S_a(2.7s) ، (ب) S_a(2.7s) و $R_{2.7s,0.9s}$ برای تعیین کفایت IM برداری ۱۵۳
شکل ۳-۱۶۹- (الف) رسم دوره‌ی تناوب ضربه‌ی سرعت ، T_p ، در مقابل پس‌ماندهای ناشی از پیش‌بینی توسط (الف) S_a(2.7s) ، (ب) S_a(2.7s) و $R_{2.7s,0.9s}$ برای تعیین کفایت IM برداری ۱۵۳
شکل ۳-۱۷۰- (الف) رسم پارامترهای نزدیک گسل، $X\cos(\theta)$ یا $Y\cos(\phi)$، در مقابل (الف) $R_{2.7s,0.9s}$ ، (ب) پس‌ماندهای ناشی از پیش‌بینی توسط S_a(2.7s) برای کنترل شباهت دو نمودار ۱۵۳
شکل ب-۱- بیان روش تخمین d_y با استفاده از منحنی پوش‌اور ۱۶۱
شکل ت-۱- تعریف مختصات مدل ۱۶۴
شکل ت-۲- (الف) نحوه‌ی اختصاص دیافراگم صلب به کف طبقات، (ب) اختصاص تکیه‌گاه گیردار ۱۶۵
شکل ت-۳- تعریف مشخصات مصالح ۱۶۵
شکل ت-۴- تعریف مقطع ستون C50x50 ..... ۱۶۶
شکل ت-۵- اختصاص مفاصل M3 به دو انتهای تیرها ۱۶۶
شکل ت-۶- تعریف شتاب‌نگاشت برای انجام تحلیل تاریخچه‌ی زمانی غیرخطی ۱۶۷

شکل ت-۷- تعریف حالت‌های بار ۱۶۷
شکل ت-۸- نحوه‌ی تعریف حالت‌های بار روابط (ت-۱) و (ت-۲) ۱۶۸
شکل ت-۹- معرفی حالت‌های بار برای انجام تحلیل‌های پوش‌اور ۱۶۸
شکل ت-۱۰- (الف) نحوه‌ی تعریف حالت بار تحلیل تاریخچه‌ی زمانی غیرخطی، (ب) پنجره‌ی تعریف میرایی ریلی ۱۶۹

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- خلاصه‌ی نتایج تحلیل رگرسیون زاویه‌ی تغییرمکان نسبی میان طبقاتی بیشینه برای مقایسه‌ی اریب(a)، کارآیی(e) و کفایت(p-value) مقیاس‌های شدت زمین‌لرزه‌ی اسکالر ۶

جدول ۲-۱- مقادیر وزن، برش پایه، ضریب برش پایه و شبه‌شتاب‌ها برای ترازهای در نظر گرفته شده برای مقیاس‌بندی شتاب‌نگاشت‌ها ۲۶

جدول۲-۲- دوره‌های تناوب مودال ۳۱

جدول ۲-۳- ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۴۲

جدول ۲-۴- ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۴۴

جدول ۲-۵- ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۴۵

جدول ۲-۶- ساختمان ۳ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۴۶

جدول ۲-۷- ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم دوگانه ۴۷

جدول۲-۸- ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۵۱

جدول ۲-۹- ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم دوگانه ۵۳

جدول ۲-۱۰- ساختمان ۹ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۵۴

جدول ۲-۱۱- ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی بتنی با سیستم خمشی ۵۵

جدول ۲-۱۲- ساختمان ۲۰ طبقه‌ی ویژه‌ی فولادی با سیستم خمشی ۵۹

جدول ۲-۱۳- نتایج تحلیل استاتیکی غیرخطی پوش‌اور مدل‌های ساختمانی ۷۲

جدول ۲-۱۴- مجموعه‌ی رکوردهای زمین‌لرزه‌ی نزدیک گسل ۷۵

جدول ۲-۱۵- محاسبات مربوط به دوران مولفه‌های افقی در راستای عمود بر گسل ۷۸

جدول ۳-۱- مقایسه‌ی نتایج تحلیل LA9 پایان‌نامه و منابع [۱۸،۱۷] ۸۶

جدول ۳-۲- خلاصه‌ی نتایج تحلیل رگرسیون زاویه‌ی تغییرمکان نسبی میان طبقاتی بیشینه برای مقایسه‌ی $IM_{1Sa,2E}$ و S_{d1} ۱۴۸

جدول ۳-۳- خلاصه‌ی نتایج تحلیل رگرسیون شتاب کف بیشینه برای مقایسه‌ی $IM_{1Sa,2E}$ و S_{d1} ۱۴۹

جدول ۳-۴- مقادیر انحراف معیار (σ) پس‌ماندهای تحلیل رگرسیون برای بررسی کارآیی IM ۱۵۰

جدول ۳-۵- خلاصه‌ی نتایج کاهش سطح زیر منحنی و خط پس‌ماند صفر برای تعیین کفایت IM برداری ۱۵۴

- مقدمه

در سال‌های اخیر آن‌چه که در تهیه‌ی آیین‌نامه‌های لرزه‌ای برای طراحی بر اساس سطح عملکرد مورد توجه قرار گرفته است، برنامه‌ای برای محاسبه‌ی متوسط فرکانس سالانه‌ی تجاوز از حالت حدی مشخص[1] (حالت حدی فروریختگی[2])، برای سازه‌ای در یک منطقه است. با توجه به تئوری کلی احتمالات [۱۱ و ۱] و با معرفی دو متغیر میانی، ارزیابی‌های مورد نظر به صورت ساده و مطابق رابطه‌ی ریاضی زیر بیان می‌شوند: ۱) پاسخ سازه‌ای نیاز[3] مانند تغییرمکان جانبی نسبی و ۲) مقیاس شدت زمین‌لرزه مانند شتاب زمین بیشینه و یا شبه شتاب طیفی[4].

$$\lambda[LS] = \iint_{DM,IM} G[LS|DM]\,|dG[DM|IM]|\,|d\lambda[IM]|$$

می‌توان متوسط فرکانس سالانه‌ی تجاوز از حالت حدی را که با $\lambda[LS]$ نشان داده می‌شود، به عنوان مثال برای بررسی کفایت طراحی یا نیاز به مقاوم‌سازی به کار برد. در رابطه‌ی فوق، $G[LS|DM]$ نشان‌دهنده‌ی احتمال تجاوز مقدار پاسخ سازه‌ای از یک حالت حدی معین می‌باشد. معمولا، حالت حدی را به صورت غیر مستقیم با ظرفیتی با همان یکای پاسخ سازه‌ای تعریف می‌کنند که در این صورت $G[LS|DM]$ بیان کننده‌ی این مطلب است که ظرفیت در نظر گرفته شده کمتر از مقدار پاسخ سازه‌ای است. عبارت $G[DM|IM]$ بیان‌کننده‌ی احتمال تجاوز از هر مقدار پاسخ سازه‌ای به شرط یک مقدار مقیاس شدت زمین‌لرزه می‌باشد. این مقدار معمولا با استفاده از نتایج تحلیل دینامیکی غیرخطی سازه‌ای تحت اثر یک سری رکورد[5]های زمین‌لرزه تخمین زده می‌شود. در نهایت، $\lambda[IM]$ بیان‌کننده‌ی متوسط فرکانس سالانه‌ی تجاوز از هر مقدار مقیاس شدت زمین‌لرزه می‌باشد که از تحلیل خطر لرزه‌ای حاصل می‌شود.

---

[1] - Mean annual frequency of exceeding a given EDP value z ,(EDP=Engineering Demand Parameter)
[2] - Collapse
[3] - Demand
[4] - Pseudo spectral acceleration
[5] - Earthquake record