**دانشگاه کردستان**

**دانشکده مهندسی**

**گروه عمران**

**عنوان:**

# ارزیابی عدم قطعیت در منحنی‌های حاصل از تحلیل دینامیکی افزایشی

**پژوهشگر:**

**حسان صالحی**

**استاد راهنما:**

**دکتر آزاد یزدانی**

**پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران گرایش مهندسی زلزله**

**۱۶ مهرماه ۱۳۹۲**

**کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایـج مطالعات،**

**ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع**

**این پایان‌نامه (رسـاله) متعلق به دانشـگاه کردستان است.**

# ***تعهد نامه***

اینجانب حسان صالحی دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران گرایش مهندسی زلزله دانشگاه کردستان، دانشکده فنی مهندسی گروه عمران تعهد می نماییم که محتوای این پایان نامه نتیجه تلاش و تحقیقات خود بوده و از جایی کپی برداری نشده و به پایان رسانیدن آن نتیجه تلاش و مطالعات مستمر اینجانب و راهنمایی و مشاوره اساتید بوده است.

با تقدیم احترام

حسان صالحی

۱۳۹۲ / ۷ / ۱۶

**دانشگاه کردستان**

**دانشکده مهندسی**

**گروه عمران**

**پایان نامه کارشناسی ارشدرشته مهندسی عمران گرایش مهندسی زلزله**

**عنوان:**

# ارزیابی عدم قطعیت در منحنی‌های حاصل از تحلیل دینامیکی افزایشی

**پژوهشگر:**

**حسان صالحی**

در تاریخ ۱۶/ ۷/ ۱۳۹۲ توسط کمیته تخصصی وهیات داوران زیر مورد بررسی قرار گرفت و با نمره ۱۹٫۴۷ و درجه...عالی..... به تصویب رسید.

هیات داوران نام و نام خانوادگی مرتبه علمی امضاء

۱.استاد راهنما دکتر آزاد یزدانی دانشیار

۳.استاد داور خارجی دکتر کاوه کرمی استادیار

۴.استاد داور داخلی دکتر مسعود خلیقی استادیار

مهر و امضاء گروه

مهر و امضاء معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده

دانشگاه کردستان

دانشکده مهندسی

تقدیم به ...

پدرم

که رسم درست زیستن را به من آموخت

مادرم

که رسم عاشقانه زیستن را به من آموخت

امیر مسعود

که رسم برادرانه زیستن را به من آموخت

## تقدیر و تشکر

با تقدیر و تشکر از استاد راهنمای بزرگوارم جناب آقای دکتر یزدانی که پیش از آنکه در عرصه علم و دانش استادم باشد، استاد اخلاق بود و در مراحل مختلف این تحقیق با صبر و حمایت های بی مثال خود و راهنمایی های بی شائبه، تجربه گرانسنگ خود را در اختیارم گذاشت و موجبات به سرانجام رساندن این پایان نامه را فراهم ساخت

## چکیده

در دهه‌های اولیه قرن بیستم واژه‌های مقاومت و عملکرد مترادف و هم معنی تصور می‌شدند و از حدود ۳۵ سال پیش بود که تفاوت این دو واژه مشخص شد و مشاهده گردید که افزایش مقاومت لزوما به معنای ایمنی بیشتر و خرابی کمتر نیست. بدین ترتیب روش‌های طراحی براساس عملکرد ابداع گردید. در این روش‌ها عملکرد سازه در اثر زلزله اعمالی، مبنای طراحی سازه خواهد بود. عدم قطعیت‌های موجود در تخمین مقادیر تقاضا و ظرفیت باعث ورود بحث احتمالات به عرصه مهندسی زلزله و ابداع روش طراحی براساس احتمالات گردید. در روش‌های طراحی جدید لازم است تا شدت زلزله متناسب با عملکرد سازه مشخص گردد. برای رفع این نیاز روشی به نام تحلیل دینامیکی افزایشی[1] به وجود آمد. در این روش که در آن از آنالیز دینامیکی غیرخطی استفاده می‌شود، می‌توان با اعمال سطوح مختلف یک زلزله مشخص به سازه، میزان خسارت وارد بر آن را برای هر سطح از زلزله بدست آورد. همچنین با توجه به اینکه تئوری قابلیت اعتماد سازه‌ها نقشی اساسی در ملاک و ضوابط ایفا می‌کند، تحلیل سازه‌ها بر مبنای نظریه قابلیت اعتماد که شاخه‌ای از تئوری عمومی احتمالات است، در سال‌های اخیر توجه بسیاری را به خود جلب نموده است. در این رساله دو هدف عمده دنبال می‌شود. هدف اول، تحلیل حساسیت پارامترهای لرزه‌ای در حوزه زمان روی نتایج تحلیل دینامیکی افزایشی و متناوبا توصیه راهکاری برای بحث پیچیده انتخاب رکورد برای تحلیل دینامیکی افزایشی، در مناطقی که داده‌های زلزله ناقص و محدود می‌باشند، است. هدف دوم بدست آوردن شاخص اعتماد برای انواع توزیع‌های حاکم روی داده‌های تحلیل دینامیکی افزایشی می‌باشد تا از این طریق اهمیت استفاده از توزیع‌های احتمالاتی روی داده‌ها بر اساس مبانی نظریه قابلیت اعتماد بیان گردد.



کلمات کلیدی: تحلیل دینامیکی افزایشی، تحلیل حساسیت، قابلیت اعتماد، شاخص اعتماد


1 Incremental Dynamic Analysis

# فهرست مطالب

عنوان صفحه


**فصل اول (مقدمه) ..... ۱**

۱-۱ کلیات ..... ۲

۱-۲ کارهای انجام شده در پایان نامه ..... ۵

**فصل دوم (تحلیل دینامیکی افزایشی) ..... ۷**

۲-۱ مقدمه ..... ۸

۲-۲ کلیاتی از تحلیل دینامیکی افزایشی ..... ۸

۲-۳ مبانی تحلیل دینامیکی افزایشی ..... ۱۱

۲-۴ اساس و تفکر تک منحنی IDA (یک رکورد) ..... ۱۱

۲-۴-۱ ضریب مقیاس شتاب نگاشت مقیاس شده ..... ۱۲

۲-۴-۲ معیار شده زلزله مقیاس شده ..... ۱۲

۲-۴-۳ معیار خسارت ..... ۱۳

۲-۵ تعریف منحنی IDA ..... ۱۳

۲-۶ ترسیم منحنی IDA ..... ۱۴

۲-۷ برخی از خصوصیات کلی منحنی IDA ..... ۱۵

۲-۸ ظرفیت در تک منحنی IDA ..... ۱۹

۲-۹ بررسی منحنی حاصل از IDA بر مبنای چند رکورد ..... ۲۲

۲-۱۰ مجموعه منحنی‌های IDA و خلاصه کردن آن‌ها ..... ۲۳

۲-۱۱ بررسی صحت نتایج IDA ..... ۲۵

۲-۱۱ نگاهی به مشخصات کلی منحنی IDA ..... ۲۶

۲-۱۲ مفهوم فروریزش ..... ۲۷

۲-۱۲-۱ براساس استراتژی معیار خسارت ..... ۲۷

۲-۱۲-۲ براساس استراتژی معیار شدت ..... ۲۹

**فصل سوم (مفاهیم آماری و مبانی عدم قطعیت) ..... ۳۱**
۳-۱ مقدمه ..... ۳۲
۳-۲ مبانی عدم قطعیت ..... ۳۲
۳-۲-۱ مقدمه ..... ۳۲
۳-۲-۲ تعریف عدم قطعیت ..... ۳۳
۳-۲-۳ منابع عدم قطعیت ..... ۳۴
۳-۲-۴ پدیده‌های غیر قطعی ..... ۳۶
۳-۳ منابع عدم قطعیت در مهندسی ..... ۳۷
۳-۴ آمار ..... ۳۷
۳-۴-۱ شاخص‌های آماری ..... ۳۸
۳-۴-۲ مفهوم متغیر تصادفی ..... ۳۸
۳-۴-۳ فضای نمونه منفصل (گسسته) ..... ۳۸
۳-۴-۴ فضای نمونه متصل (پیوسته) ..... ۳۹
۳-۴-۵ شاخص‌های تمایل مرکزی ..... ۳۹
۳-۴-۶ امید ریاضی ..... ۴۰
۳-۴-۷ شاخص پراکندگی ..... ۴۱
۳-۴-۸ انحراف معیار ..... ۴۲
۳-۴-۹ تفسیر انحراف معیار ..... ۴۳
۳-۴-۱۰ توزیع احتمالات ..... ۴۵
۳-۴-۱۰-۱ توزیع احتمالی نرمال ..... ۴۵
۳-۴-۱۰-۲ توزیع لگاریتمی نرمال (لوگ نرمال) ..... ۴۷
۳-۴-۱۰-۳ توزیع لوگ نرمال سه پارامتری ..... ۵۱
**فصل چهارم (تحلیل حساسیت پارامترهای لرزه‌ای) ..... ۵۴**
۴-۱ مقدمه ..... ۵۵
۴-۲ نوع و منبع عدم قطعیت‌ها ..... ۵۵

۴-۳ هدف از انجام تحقیق ..... ۵۶
۴-۴ تعریف پروژه ..... ۵۷
۴-۵ مدل سازه‌ای ..... ۵۷
۴-۶ طبقه بندی زمین‌لرزه‌ها ..... ۶۰
۴-۷ انتخاب رکورد..... ۶۰
۴-۸ انجام تحلیل IDA ..... ۶۴
۴-۹ ارائه نتایج تحلیل حساسیت ..... ۶۸
**فصل پنجم (مبانی قابلیت اعتماد و محاسبه شاخص اعتماد توزیع‌های احتمالاتی) .....۷۳**
۵-۱ مقدمه ..... ۷۴
۵-۲ نظریه قابلیت اعتماد و کاربرد آن در مهندسی سازه ..... ۷۴
۵-۳ ایمنی سازه‌ها ..... ۷۵
۵-۴ خرابی یا فروریزش ..... ۷۵
۵-۵ ضرایب اطمینان ..... ۷۵
۵-۶ تئوری قابلیت اعتماد سازه‌ها ..... ۷۷
۵-۷ تئوری قابلیت اعتماد ..... ۷۷
۵-۸ شاخص اعتماد ($\beta$) ..... ۸۰
۵-۹ روش خلاصه سازی براساس استراتژی IM..... ۸۳
۵-۱۰ روش خلاصه سازی براساس استراتژی DM ..... ۸۳
۵-۱۱ توزیع‌های حاکم مورد بررسی ..... ۸۷
۵-۱۱-۱ توزیع لوگ‌نرمال دو پارامتری بدون درنظر گرفتن فروریزش ..... ۸۸
۵-۱۱-۲ توزیع لوگ‌نرمال سه پارامتری بدون درنظر گرفتن فروریزش..... ۸۸
۵-۱۱-۳ توزیع لوگ‌نرمال دو پارامتری با درنظر گرفتن فروریزش ..... ۹۰
۵-۱۱-۴ توزیع لوگ‌نرمال سه پارامتری با درنظر گرفتن فروریزش ..... ۹۲
۵-۱۲ محاسبه احتمال فراگذشت سالیانه از حالت حدی ..... ۹۳
۵-۱۲-۱ احتمال فراگذشت سالینه از $S_a^{\eta c}$..... ۹۳

۵-۱۲-۲ ضریب ظرفیت $e^{\frac{k^2}{2b^2}\beta_C^2}$ ..... ۹۴
۵-۱۲-۳ ضریب تقاضا $e^{\frac{k^2}{2b^2}\beta_{D|Sa}^2}$ ..... ۹۵
۵-۱۳ محاسبه شاخص اعتماد برای هریک از توزیع‌های حاکم ..... ۹۵
۵-۱۳-۱ انجام تحلیل دینامیکی افزایشی ..... ۹۶
۵-۱۳-۲ بدست آوردن منحنی‌های ۱۶٪، ۵۰٪ و ۸۴٪ برای هریک از توزیع‌ها ..... ۹۷
۵-۱۳-۳ محاسبه پارامترهای موردنیاز برای محاسبه احتمال فراگذشت سالیانه از حالت حدی .... ۱۰۰
۵-۱۳-۴ محاسبه احتمال فراگذشت سالیانه از فروریزش ..... ۱۰۳
۵-۱۳-۵ محاسبه شاخص اعتماد ..... ۱۰۴
**فصل ششم (نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات) ..... ۱۰۶**
۶-۱ نتیجه گیری ..... ۱۰۷
۶-۲ ارائه پیشنهادات ..... ۱۰۸
**منابع و مراجع ..... ۱۱۰**

# فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول ۴-۱ دوره تناوب سازه‌های SAC طراحی شده برای منطقه لوس آنجلس-آمریکا.....۵۹
جدول ۴-۲ دسته بندی زمین‌لرزه‌ها برای تحلیل حساسیت پارامترهای لرزه‌ای .....۶۰
جدول ۴-۳ زمین‌لرزه‌های حوزه دور از گسل .....۶۱
جدول ۴-۴ زمین‌لرزه‌های حوزه نزدیک گسل .....۶۱
جدول ۴-۵ زمین‌لرزه‌های با بزرگای ۵ تا ۶ .....۶۲
جدول ۴-۶ زمین‌لرزه‌های با بزرگای ۶ تا ۷ .....۶۳
جدول ۴-۷ زمین‌لرزه‌های چشمه لرزه‌زا (زلزله چی چی) .....۶۳
جدول ۴-۸ زمین‌لرزه‌های چشمه لرزه‌زا (زلزله نورتریج) .....۶۴
جدول ۴-۹ نتایج تحلیل حساسیت پارامترهای لرزه‌ای به روش تفاضلی برای نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی افزایشی.....۷۱
جدول ۵-۱ زمین‌لرزه‌های استفاده شده برای تحلیل دینامیکی افزایشی .....۹۶
جدول ۵-۲ پارامترهای منحنی تحلیل خطر لرزه‌ای برای سازه SAC ۹ طبقه در منطقه لوس آنجلس-آمریکا .....۱۰۰
جدول ۵-۳ پارامترهای مورد نیاز برای هر یک از توزیع‌های حاکم .....۱۰۴
جدول ۵-۴ مقادیر احتمال فراگذشت سالیانه از فروریزش برای هریک از توزیع‌های حاکم.....۱۰۴
جدول ۵-۵ شاخص اعتماد احتمال فراگذشت سالیانه از فروریزش برای هر یک از توزیع‌های حاکم .....۱۰۵

# فهرست اشکال

**عنوان** **صفحه**


شکل۲-۱ نمونه‌ای از یک منحنی IDA از یک ساختمان ۲۰طبقه فولادی تحت زلزله السنترو۱۹۴۰ ...۱۴

شکل ۲-۲ نمونه‌ای از یک منحنی IDA برای یک ساختمان ۲۰ طبقه فولادی براساس طبقات تحت زلزله السنترو ۱۹۴۰.....۱۵

شکل ۲-۳ منحنی IDA برای ساختمان ۵ طبقه فولادی بادبندی شده با $T_1$=1.8sec برای چهار زلزله مختلف.....۱۶

شکل ۲-۴ الگوی رفتار موجی شکل برای سازه ۵ طبقه فولادی بادبندی با $T_1$=1.8sec.....۱۸

شکل ۲-۵ پاسخ شکل‌پذیری یک نوسانگر در T=1sec با رفتار الاستوپلاستیک که تحت زلزله‌های ضعیف‌تر زودتر به مرحله جاری شدن می‌رسد .....۱۸

شکل ۲-۶ منحنی احیا شدگی سازه، مربوز به یک سازه ۴ طبقه با سیستم قاب خمشی با اتصالات شکل پذیر و $T_1$=1.3sec .....۱۹

شکل ۲-۷(الف) تعیین نقطه ظرفیت از منحنی IDA مربوط به یک سازه سه طبقه با سیستم قاب خمشی با اتصالات شکل‌پذیر با $T_1$=1.3sec با قانون DM .....۲۱

شکل ۲-۷(ب) تعیین نقطه ظرفیت از منحنی IDA مربوط به یک سازه سه طبقه با سیستم قاب خمشی با اتصالات شکل‌پذیر با $T_1$=1.3sec با قانون IM .....۲۱

شکل ۲-۸ همگرایی میانگین جابجایی نسبی داده‌ها با افزایش تعداد رکوردها .....۲۲

شکل ۲-۹ همگرایی انحراف معیار داده‌های جابجایی نسبی با افزایش تعداد رکوردها.....۲۳

شکل ۲-۱۰ منحنی‌های IDA سازه ۵ طبقه فولادی بادبندی شده با $T_1$=1.8sec تحت ۲۰ زلزله مختلف .....۲۴

شکل ۲-۱۱ خلاصه سازی مجموعه منحنی‌های IDA و استخراج مقادیر ۵۰٪ و ۱۶٪ و ۸۴٪ .....۲۴

شکل ۲-۱۲ منحنی‌های IDA برای یک سازه ۹ طبقه فولادی با اتصالات خمشی با $T_1$=2.27sec ....۲۶

شکل ۲-۱۳ استراتژی معیار خسارت با تعریف $\theta_{max}$ = 0.08 به عنوان معیار خسارت فروریزش برای سازه قاب خمشی فولادی با $T_1$=1.3sec .....۲۸

شکل۲-۱۴ (الف) استراتژی معیار شدت با تعریف شیب ۲۰٪ ناحیه الاستیک به عنوان معیار فروریزش برای سازه قاب خمشی فولادی با $T_1$=1.3sec ..... ۳۰
شکل۲-۱۴(ب) نحوه بدست آوردن سطح خسارت فروریزش براساس روش معیار شدت ..... ۳۰
شکل ۳-۱ نمایش میانگین و میانه داده‌های آماری در دو حالت توزیع متقارن و نامتقارن ..... ۴۰
شکل ۳-۲ توزیع‌های با میانگین برابر و انحراف معیار نابرابر ..... ۴۲
شکل ۳-۳ نمایش داده‌های تحت پوشش در فاصله یک، دو و سه انحراف معیار از میانگین داده‌ها در توزیع متقارن ..... ۴۴
شکل ۳-۴ توزیع نرمال استاندارد ..... ۴۶
شکل ۳-۵ برآزش توزیع نرمال و لوگ‌نرمال روی داده‌های متقارن و دارای چولگی ..... ۴۸
شکل ۳-۶(الف) نمایش توزیع چگالی احتمال لوگ‌نرمال در فضای لگاریتمی و خطی ..... ۵۰
شکل ۳-۶(ب) نمایش توزیع تجمعی لوگ‌نرمال در فضای لگاریتمی و خطی ..... ۵۰
شکل ۳-۷ نمایش توزیع لوگ‌نرمال دوپارامتری و توزیع لوگ‌نرمال سه پارامتری و نحوه عملکرد پارامتر سوم ..... ۵۲
شکل۴-۱ سازه SAC سه طبقه، طراحی شده برای منطقه لوس آنجلس-آمریکا..... ۵۷
شکل ۴-۲ سازه SAC ۹ طبقه، طراحی شده برای منطقه لوس آنجلس-آمریکا ..... ۵۸
شکل ۴-۳ سازه SAC ۲۰ طبقه، طراحی شده برای منطقه لوس آنجلس-آمریکا..... ۵۹
شکل ۴-۴ نتایج تحلیل دینامیکی افزایشی برای ۲۰ زلزله حوزه نزدیک گسل برای سازه ۹ طبقه با دوره تناوب ۲/۳۴ ..... ۶۵
شکل ۴-۵ نتایج تحلیل دینامیکی افزایشی برای ۲۰ زلزله حوزه دور از گسل برای سازه SAC ۹ طبقه با دوره تناوب ۲/۳۴ ..... ۶۶
شکل ۴-۶ نتایج تحلیل دینامیکی افزایشی برای ۲۰ زلزله با بزرگای ۵-۶ برای سازه SAC ۹ طبقه با دوره تناوب ۲/۳۴ ..... ۶۶
شکل ۴-۷ نتایج تحلیل دینامیکی افزایشی برای ۲۰ زلزله با بزرگای ۶-۷ برای سازه SAC ۹ طبقه با دوره تناوب ۲/۳۴ ..... ۶۷
شکل ۴-۸ نتایج تحلیل دینامیکی افزایشی برای ۲۰ زلزله با منظور کردن مشخصات لرزه‌ای زلزله نوزتریج برای سازه SAC ۹ طبقه با دوره تناوب ۲/۳۴ ..... ۶۷

شکل ۴- ۹ نتایج تحلیل دینامیکی افزایشی برای ۲۰ زلزله با منظور کردن مشخصات لرزه‌ای زلزله چی چی برای سازه SAC ۹ طبقه با دوره تناوب ۲/۳۴ ..... ۶۸
شکل ۴-۱۰نتایج تحلیل حساسیت پارامترهای لرزه‌ای به روش تفاضلی برای نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی افزایشی در شتاب طیفی ۰/۵g ..... ۶۹
شکل ۴-۱۱ نتایج تحلیل حساسیت پارامترهای لرزه‌ای به روش تفاضلی برای نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی افزایشی در شتاب طیفی ۱g ..... ۷۰
شکل ۴-۱۲ نتایج تحلیل حساسیت پارامترهای لرزه‌ای به روش تفاضلی برای نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی افزایشی در شتاب طیفی ۱/۵g ..... ۷۰
شکل ۴-۱۳ نتایج تحلیل حساسیت پارامترهای لرزه‌ای به روش تفاضلی برای نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی افزایشی در شتاب طیفی ۲g ..... ۷۱
شکل ۵-۱ نمایش شماتیک احتمال خرابی یا همپوشانی توزیع ظرفیت و تقاضا ..... ۸۱
شکل ۵-۲ خلاصه سازی داده‌ها براساس استراتژی معیار خسارت DM که توزیع روی داده‌های معیار شدت IM برقرار می‌گردد ..... ۸۴
شکل ۵-۳ منحنی‌های حاصل از تحلیل دینامیکی افزایشی ..... ۸۵
شکل ۵-۴ خلاصه سازی داده‌ها با استراتژی معیار شدت IM که توزیع روی داده‌های معیار شدت DM برقرار می‌گردد ..... ۸۶
شکل ۵-۶ مقایسه خلاصه سازی داده‌ها با استراتژی معیار خسارت DM و معیار شدت IM ..... ۸۷
شکل ۵-۷ بررسی تغییرات پارامتر عرض از مبدا برای عیار شدت‌های مختلف ..... ۹۰
شکل ۵-۸ نحوه بدست آوردن احتمال فراگذشت سالیانه از شتاب طیفی که در آن فروریزش رخ می‌دهد ..... ۹۴
شکل ۵-۹ نتایج تحلیل دینامیکی افزایشی بدست آمده برای ۲۰ زلزلهانتخاب شده برای سازه SAC ۹ طبقه با دوره تناوب ۲/۳۴ ..... ۹۷
شکل ۵-۱۰ منحنی‌های ۵۰٪ و ۱۶٪ و ۸۴٪ تحلیل دینامیکی افزایشی با توزیع لوگ نرمال دو پارامتری بدون درنظر گرفتن فروریزش ..... ۹۸
شکل ۵-۱۱ منحنی‌های ۵۰٪ و ۱۶٪ و ۸۴٪ تحلیل دینامیکی افزایشی با توزیع لوگ نرمال سه پارامتری بدون درنظر گرفتن فروریزش ..... ۹۸
شکل ۵-۱۲ منحنی‌های ۵۰٪ و ۱۶٪ و ۸۴٪ تحلیل دینامیکی افزایشی با توزیع لوگ نرمال دو پارامتری با درنظر گرفتن فروریزش ..... ۹۹

شکل ۵-۱۳ منحنی‌های ۵۰٪ و ۱۶٪ و ۸۴٪ تحلیل دینامیکی افزایشی با توزیع لوگ نرمال سه پارامتری با درنظر گرفتن فروریزش ..... ۹۹
شکل۵-۱۴ رگرسیون خطی درفضای لگاریتمی برای بدست آوردن پارامترهای مشخصات تحلیل خطری ..... ۱۰۱
شکل ۵-۱۵ رگرسیون خطی در فضای لگاریتمی برای بدست آوردن پارامترهای مشخصات منحنی IDA توزیع لوگ‌نرمال دوپارامتری بدون درنظر گرفتن فروریزش ..... ۱۰۱
شکل ۵-۱۶ رگرسیون خطی در فضای لگاریتمی برای بدست آوردن پارامترهای مشخصات منحنی IDA توزیع لوگ‌نرمال سه پارامتری بدون درنظر گرفتن فروریزش ..... ۱۰۲
شکل ۵-۱۷ رگرسیون خطی در فضای لگاریتمی برای بدست آوردن پارامترهای مشخصات منحنی IDA توزیع لوگ‌نرمال دوپارامتری با درنظر گرفتن فروریزش ..... ۱۰۲
شکل ۵-۱۸ رگرسیون خطی در فضای لگاریتمی برای بدست آوردن پارامترهای مشخصات منحنی IDA توزیع لوگ‌نرمال سه پارامتری با درنظر گرفتن فروریزش ..... ۱۰۳

# فصل اول

## مقدمه

## ۱-۱ کلیات

در سراسر دنیا گهگاهی زلزله‌هایی رخ می‌دهد و امواج لرزه‌ای را به سمت سازه‌های ساخته شده می‌فرستد و خسارت‌های زیادی را به وجود می‌آورد. سطح و میزان آگاهی لرزه‌ای در جامعه باعث بوجود آمدن این سوال در ذهن بشر می‌گردد که سازه‌ها در برابر زلزله چگونه عکس‌العمل نشان می دهند و الزام بررسی روش‌های بهبود رفتار این سازه‌ها را در برابر زلزله‌های آینده را توجیه می‌کند. تاریخچه ایجاد آیین‌نامه‌های لرزه‌ای سازه‌ها به رویداد زمین‌لرزه‌های بزرگ بر می‌گردد. در زمان گذشته ایجاد ضوابط طراحی سازه‌ها بر اساس رفتار سازه، بسیار دور از انتظار و غیر واقعی می‌نمود و تنها اهداف طراحی، شامل جلوگیری از خرابی کلی سازه و تامین کردن امکان اسکان فوری بعد از زلزله بود. محققین براساس مطالعاتی که بر روی اثرات زمین‌لرزه‌های اخیر همچون زمین‌لرزه نورتریج[1] آمریکا در سال ۱۹۹۴، زلزله کوبه[2] ژاپن در سال ۱۹۹۵ و زلزله لوماپریتا[3] در ایتالیا در سال ۱۹۹۸ و زمین‌لرزه‌های دیگر انجام دادند، مشاهده کردند که سازه‌هایی که با آیین نامه‌های متداول در آن زمان طراحی شده بودند، از لحاظ تامین امنیت و سلامت جانی عملکرد خوبی داشته‌اند ولی میزان خسارت وارد شده به سازه‌هایی که از لحاظ اقتصادی و یا کارایی مهم بودند بطور قابل ملاحظه ای بالا بود (ناکایشما ۱۹۹۸[4] و برترو ۱۹۸۶[5]). نتایج این تحقیقات نقطه تحولی برای طراحی لرزه‌ای سازه‌ها محسوب می‌شود. این تحقیقات منجر به بوجود آمدن یک روش طراحی به نام طراحی براساس عملکرد گردید. طراحی بر پایه عملکرد، دارای یک فلسفه طراحی عمومی‌تر است به نحوی که معیارهای طراحی برحسب پارامترهایی مطرح می‌شوند که بیانگر عملکرد سازه در برابر زلزله می‌باشند. در این روش تلاش بر آن است که سازه طراحی شده در یک منطقه مشخص، با سطح لرزه‌خیزی خاص، قابلیت رسیدن به عملکرد مورد انتظار طراح را در زلزله طرح داشته باشد. معیارهای عملکردی سازه می‌تواند توسط ایجاد محدودیت بر روی حداکثر تنش در اجزای سازه‌ای، حداکثر نیروی ایجاد

1 Northridge
2 Kobe
3 Loma Prieta
4 Nakashima 1998
5 Bertro 1986

شده در اعضاء، حداکثر تغییر مکان نقاط مختلف سازه و یا حداکثر میزان خرابی ایجاد شده در اجزای سازه‌ای مطرح گردد (برترو ۲۰۰۲[۷][1]). به عبارت دیگر فلسفه طراحی براساس عملکرد براساس تفاوت در معانی دو واژه مقاومت و عملکرد می‌باشد که تا سال‌ها این دو واژه هم معنی و مترادف تصور می-شدند و از حدود ۳۵ سال پیش بود که تفاوت این دو واژه مشخص گردید که افزایش مقاومت، لرزوما به معنای ایمنی بیشتر و خسارت کمتر نیست. تحقیقات نشان داد که توزیع مقاومت در اجزاء سازه‌ای معیار مناسب‌تری از مقاومت کل سازه است. به عنوان مثال در این تحقیقات نشان داده شد که اگر مفاصل خمیری در روی تیر تشکیل شوند، بهتر است از آنکه روی ستون‌ها مفاصل پلاستیک تشکیل شوند (مکانیسم تیر ضعیف و ستون قوی).

در حال حاضر دستورالعمل‌های موجود در زمینه طراحی لرزه‌ای براساس عملکرد عرضه شده در کالیفرنیا عبارتند از :FEMA 350, FEMA 356, FEMA 273, ATC 40, SEAOC 2002 که این دستورالعمل‌ها الزام اجرایی ندارند و فقط حالت توصیه‌ای دارند اما بهترین جزئیات تجربی را جهت شناخت و مقاوم‌سازی ساختمان‌های موجود در بر دارند و با گسترش طراحی براساس عملکرد این دستورالعمل‌ها نیز گسترش بیشتری پیدا کرده‌اند. در بسیاری از روش‌های طراحی عملکردی سازه‌ها که در سال‌های اخیر معرفی گردیده‌اند، تلاش می‌گردد تا خرابی‌های ایجاد شده در سازه بصورت مستقیم در روند طراحی کنترل گردند (اکباس و همکاران ۲۰۰۱[۲][۱] و خشایی ۲۰۰۵[۳][۱۷]). در این راستا و به منظور تعیین خسارت ایجاد شده در سازه‌ها، معیارهای متفاوتی مطرح گردیده است که هر یک برای شرایط خاصی مناسب می‌باشند. به منظور تعیین عملکرد لرزه‌ای سازه‌ها روش‌های گوناگونی در دسترس است که شامل تحلیل استاتیکی و دینامیکی خطی و استاتیکی و دینامیکی غیرخطی می-باشند. روش‌های خطی دارای کاربردهای محدودی می‌باشند و جز در موارد خاص باعث بروز خطاهای بزرگی می‌شوند. در میان روش‌های غیرخطی، تحلیل دینامیکی افزایشی معتبرترین روش در ارزیابی عملکرد لرزه‌ای سازه‌ها می‌باشد. با در نظر گرفتن این نکته که اهداف طراحی براساس عملکرد، مناسب

1 Bertro 2002

2 Akbas et al, 2001

3 Khashaee, 2005

برای ساختمان و هزینه و طول عمر سازه می‌باشد، این کیفی بودن، طراحی براساس عملکرد را از تفکر قدیمی مهندسی زلزله متمایز می‌کند. غیر از داشتن پیامدها و اثرات وسیع، رویدادهای زلزله دارای عدم قطعیت‌های زیادی می‌باشند و این مسئله، کیفیت اهداف طراحی عملکردی را پیچیده می‌کند. احتمالات در طراحی براساس عملکرد یک ایده جدید است که نخستین بار در راهنمای طراحی ویژه نظیر تاسیسات انرژی هسته‌ای[1] [۸]بکار برده شد. اهداف احتمالات در طراحی براساس عملکرد را می-توان به صورت احتمال فراگذشت از سطح مشخصی از عملکرد تعریف کرد (کراوینکلر ۱۹۹۶ و ۱۹۹۹[2][۱۸و۱۹]). فاکتورهای مختلفی نظیر خسارت سازه، میزان خسارت اجزای غیرسازه‌ای، صدمات انسانی و هزینه‌ی ساخت، ابزاری برای اندازه‌گیری عملکرد سازه در هنگام زلزله می‌باشند. پاسخ سازه ناشی از تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی می‌تواند به منظور تخمین‌های احتمالاتی خسارت‌های سازه، و ساده‌سازی تخمین خسارت غیر سازه ای بکار برده شود. همانگونه که گفته شد اخیرا طراحی براساس عملکرد بر پایه نظریه احتمالات در بسیاری از کشورها رواج یافته است. در طراحی براساس عملکرد، تئوری اعتماد سازه‌ها نقشی اساسی را در ملاک و ضوابط طراحی ایفا می‌کند. با توجه به این نکته، چندین روش مختلف برای محاسبه ضریب اطمینان وجود دارد که بنا به شرایط داده‌ها و طراحی از هر یک می‌توان بهره برد. که در این پایان نامه برای محاسبه شاخص اعتماد از مشخصات احتمالاتی توزیع‌های حاکم روی منحنی تحلیل دینامیکی افزایشی و میزان ظرفیت سازه در ادغام با منحنی تحلیل خطر لرزه‌ای منطقه استفاده می‌گردد و همانطور که در فصل‌های بعدی بطور مفصل شرح داده خواهد شد، شاخص اعتماد با احتمال خرابی رابطه عکس دارد و براین اساس شاخص اعتماد محاسبه می‌گردد.

همچنین با توجه به آنکه در تحلیل دینامیکی افزایشی، انتخاب رکوردهای زلزله براساس نوع ساختگاه است، و ماهیت زمین‌لرزه یک ماهیت کاملا تصادفی در پارامترهای لرزه‌ای است و با توجه به اینکه داده‌های زمین‌لرزه‌ها محدود می‌باشد از این رو انتخاب رکوردهای مناسب از اهمیت بالایی

1 DOE, 1994

2 Krawnkler, 1996, 1999