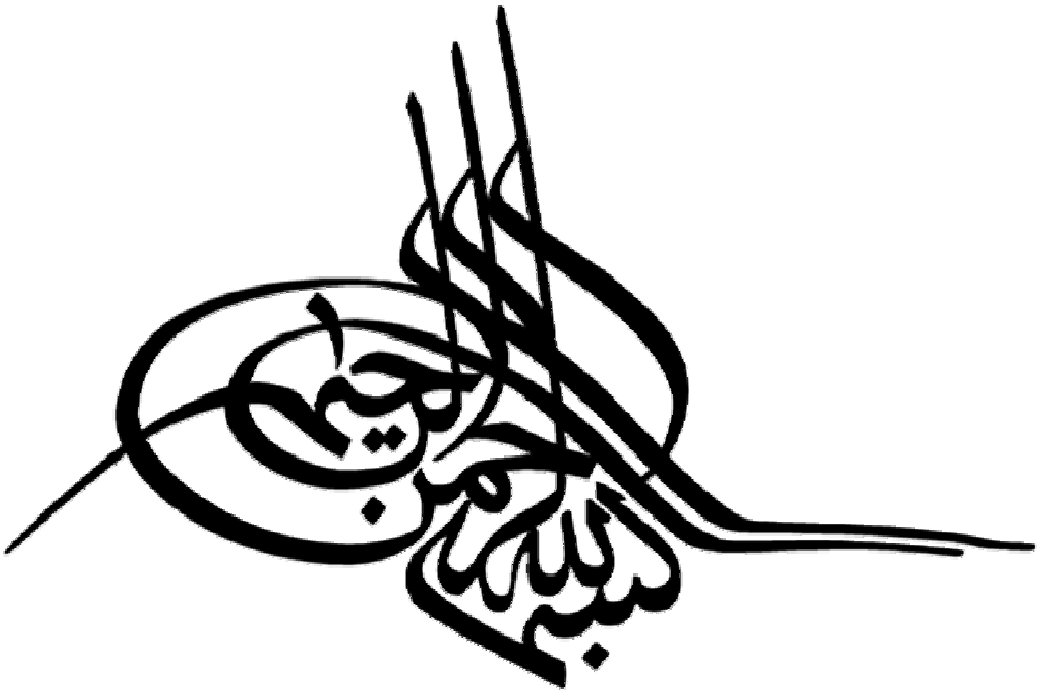
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد عمران (سازه)

تحلیل خطر زلزله با استفاده از منطق فازی با مطالعه موردی شهر تهران

عاطفه یوسفی

استاد راهنما:

دکتر پیام اشتری

دکتر غلامرضا قدرتی امیری

تابستان ۱۳۹۰

فهرست مطالب

۱ **فصل ۱- کلیات** ۲

۱-۱-مقدمه ۲

۱-۱-۱-تحلیل قطعی خطر زلزله: Deterministic Seismic Hazard Analysis ۳

۱-۱-۲-تحلیل احتمالی خطر زلزله: Probabilistic Seismic Hazard Analysis ۵

۱-۱-۳-منحنی های خطر زلزله: Seismic Hazard Curves (SHC) ۷

۱-۲-منطق فازی ۹

۱-۲-۱-مفاهیم و تعاریف پایه منطق فازی ۹

۱-۲-۲-مقایسه مجموعه‌های کلاسیک و فازی ۱۱

۱-۲-۳-تابع عضویت ۱۲

۱-۲-۴-تکیه‌گاه و ارتفاع ۱۳

۱-۲-۵-α - برش ۱۳

۱-۲-۶-انواع اعداد فازی ۱۴

۱-۲-۶-۱-عدد فازی مثلثی ۱۵

۱-۲-۶-۲-عدد فازی گوسی ۱۶

۱-۲-۶-۳-اصل گسترش ۱۸

۱-۲-۶-۴-منفک نمودن اعداد فازی ۱۹

۱-۲-۷-جبر بازه‌ها ۲۱

۱-۲-۷-۱-بازۀ اطمینان ۲۱

۱-۲-۷-۲-جمع ۲۲

۱-۲-۷-۳-تفریق ۲۲

۱-۲-۷-۴-قرینه و عدد قطعی ۲۲

۱-۲-۷-۵-ضرب ۲۳

۱-۲-۷-۶-تقسیم ۲۴

۱-۲-۸-جبر بازه‌ای ابزاری جایگزین برای اصل گسترش ۲۵

۱-۲-۹-غیرفازی سازی ۲۹

۱-۲-۹-۱-مرکز ثقل ۳۰

۱-۲-۹-۲-روش مرکز ارتفاع سطح ۳۰

۱-۲-۹-۳-میانگین وزنی ۳۱

۱-۲-۹-۴-میانگین سطح ۳۱

۱-۲-۹-۱-روش ماکزیمم ۳۱

۲-فصل ۲ لرزه زمین ساخت ۳۴

۲-۱- مقدمه ۳۴

۲-۲- لرزه زمین ساخت منطقه ۳۴

۲-۳- لرزه خیزی منطقه ۴۲

۲-۴-کاتالوگ لرزهخیزی ایران با استفاده منطق فازی ۴۷

۲-۵-بزرگای زلزله ۴۸

۳-فصل ۳ داده های ورودی در تحلیل خطر ۵۰

۳-۱- مقدمه ۵۰

۳-۲- روابط طول پارگی گسل و تخمین بزرگای زمین لرزه ۵۰

۳-۲-۱-رابطه نوروزی برای ایران (۱۹۸۵) ۵۱

۳-۲-۲-رابطه ی ولز – کاپراسمیت (۱۹۹۴) ۵۱

۳-۳-پارامترهای لرزه خیزی ۵۲

۳-۳-۱-برآورد پارامترهای لرزه خیزی به روش کیکو(۲۰۰۰) ۵۲

۳-۳-۱-۱-حذف پس لرزه ها و پیش لرزه ها ۵۳

۳-۳-۱-۲- برآورد پارامترهای لرزه خیزی ۵۳

۳-۳-۲-رهیافت توکلی (۱۹۹۶) ۵۵

۳-۴- روابط پیش بینی جنبش زمین ۵۷

۳-۴-۱-روابط کاهندگی ۵۷
۳-۴-۲-انتخاب رابطه کاهندگی ۵۷
۳-۴-۳-انطباق زلزله های مبنای رابطه با زلزله های منطقه مورد بررسی ۵۸
۳-۴-۴-مقیاس بزرگای زلزله در رابطه کاهندگی ۵۸
۳-۴-۵-کرانه های بالا و پایین زلزله های مبنای رابطه کاهندگی ۵۸
۳-۴-۶-حداکثر فاصله ی تحت پوشش رابطه کاهندگی ۵۸
۳-۴-۷-تنوع خاک موجود در رابطه کاهندگی ۵۸
۳-۵- تعیین نرخ لرزه خیزی منطقه و دوره ی بازگشت زلزله ها ۵۹
۳-۶- انتخاب روابط مناسب جهت پیش بینی پارامتر جنبش زمین (روابط کاهندگی) ۵۹
۳-۶-۱-مدل کاهندگی ارائه شده توسط سارما و سربالوف ۵۹
۳-۶-۲-رابطه کاهندگی قدرتی و همکاران (۲۰۰۷) ۶۱
۳-۶-۳-رابطه کاهندگی امبرسیز ۶۳
۳-۷-روشهای تحلیل عدم قطعیت ۶۳
۳-۷-۱-روشهای سنتی یا محافظه کارانه ۶۴
۳-۷-۲-روش میانگین گیری ۶۵
۳-۷-۳-درخت منطقی ۶۶

۳-۸-استفاده از محاسبات فازی در تحلیل عدم قطعیت ۶۸

۳-۸-۱-متوسط گیری وزنی در اعداد فازی ۶۹

۳-۸-۲-روش(۱۹۸۷) Dong and Wang ۷۰

۳-۸-۳-روش (۱۹۹۲) Liou and Wang ۷۱

۳-۸-۴-جابجای(۱۹۷۳) Charnes and Cooper ۷۲

۳-۸-۵-کاربرد روش (1973) charnes and Cooper متوسط وزنی: ۷۴

۳-۹-روش simplex *۷۶*

۳-۹-۱- روش simplex استاندارد ۷۶

۳-۹-۲-روش simplex غیر استاندارد ۷۸

۴-فصل تحلیل خطر ۸۴

۴-۱- مقدمه ۸۴

۴-۲-تحلیل احتمالاتی خطر زمین لرزه ۸۴

۴-۳-نتایج تحلیل خطر شتاب برای شهر تهران ۸۹

۴-۳-۱-نتایج تحلیل خطر با استفاده از رابطه کاهندگی قدرتی و همکاران ۸۹

۴-۳-۲-نتایج تحلیل خطر با استفاده از رابطه کاهندگی سارما و سربالوف [۱۹۹۶] ۱۰۸

۴-۳-۳-نتایج تحلیل خطر با استفاده از رابطه کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) ۱۲۷

۴-۳-۴-درخت منطقی و نتایج نهایی تحلیل خطر شتاب (PGA) ۱۴۷

۵-نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات ۱۶۲

پیوست ۱: فهرست زمینلرزه های اصلی در شعاع ۲۰۰ کیلومتری تهران ۱۶۴

پیوست ۲ متن برنامه های نوشته شده در زبان دلفی و متلب ۱۶۸

مراجع ۱۹۸

فهرست جداول

جدول ۱-۱ حاصل‌ضرب دو بازهٔ معمولی در حالت‌های مختلف (Kaufmann and Gupta، 1991) ۲۴

جدول ۳-۱ برآورد پارامترهای لرزه خیزی به روش کیکو (۲۰۰۰) ۵۴

جدول ۳-۲ پارامترهای لرز ه خیزی زون ۱۵ توکلی (۱۹۹۶) ۵۶

جدول ۳-۳ ضرایب پیشنهادی در مدل کاهندگی معادله ۳-۹ (Ghodrati et.al 2007) ۶۲

جدول ۵-۱خلاصه نتایج حاصل از تحلیل خطر فازی و معمولی برای شهر تهران ۱۶۳

فهرست اشکال

شکل ۱-۱ مراحل اصلی تحلیل خطر قطعی ((Reitter، 1990) ۴

شکل ۱-۲ مراحل اصلی تحلیل خطر احتمالاتی (Reiter، 1990) ۶

شکل ۱-۳ ارتباط بین پیچیدگی یک سیستم و دقت مدل (دزفولی، ۱۳۸۷) ۱۰

شکل ۱-۴ مقایسه مجموعه کلاسیک (شکل الف) و مجموعه فازی (شکل ب) (دزفولی، ۱۳۸۷) ۱۲

شکل ۱-۵ تابع عضویت مجموعهٔ فازی PGA ۱۴

شکل ۱-۶ عدد فازی مثلثی A=<2,4,5>TFN (خاتمی، رنجبر ۱۳۸۷) ۱۶

شکل ۱-۷ عدد فازی گوسی Gaussmf a=[1,5,6] (خاتمی، رنجبر ۱۳۸۷) ۱۷

شکل ۱-۸ اصل گسترش برای اعمال تابع f بر عدد فازی A و نتیجه آن (B) (خاتمی، رنجبر ۱۳۸۷) ۱۹

شکل ۱-۹ تقریب عدد فازی A به عدد فازی منفک شده Ad (خاتمی، رنجبر ۱۳۸۷) ۲۱

شکل ۱-۱۰ تجزیهٔ یک عدد فازی دلخواه به بازه‌های غیرفازی (خاتمی، رنجبر ۱۳۸۷) ۲۶

شکل ۱-۱۱ جمع دو عدد فازی مثلثی با استفاده از جبر بازه‌ای (خاتمی، رنجبر ۱۳۸۷) ۲۹

شکل ۱-۱۲ غیرفازی‌سازی با روش مرکز ارتفاع سطح (خاتمی، رنجبر ۱۳۸۷) ۳۰

شکل ۲-۱ موقعیت گسلهای موجود در اطراف تهران (بربریان و همکاران،۱۳۶۴) ۳۵

شکل ۲-۲ تقسیمبندی فازی لرزهخیزی ایران توسط انصاری و همکاران (۲۰۰۹) و مقایسه آن با تقسیم بندی نوروزی(۱۹۷۶) (Ansari et al. 2009) ۴۷

شکل ۲-۳ تقسیمبندی فازی لرزهخیزی ایران توسط انصاری و همکاران (۲۰۰۹) و مقایسه آن با تقسیم بندی نوروزی(۱۹۷۶) (Ansari et al. 2009) ۴۸

شکل ۳-۱ برآورد نرخ لرزه خیزی زلزله های مختلف با روش کیکو (۲۰۰۰) ۵۵

شکل ۳-۲ استان های لرزه خیزی ایران (توکلی، ۱۹۹۶) ۵۶

شکل ۳-۳ مقادیر ضرایب C1 و C2 در معادله ۳-۵ بر اساس Ts (Sarma and Srbulov، 1996) ۶۰

شکل ۳-۴ استفاده از میانگین گیری در نتایج نهایی ۶۶

شکل ۳-۵ شمایی از درخت منطقی ۶۶

شکل ۳-۶ درخت منطقی نمونه که عدم قطعیتهای گوناگون را نشان میدهد. (قدرتی و همکاران ۲۰۰۳) ۶۸

شکل ۴-۱ تابع مثلثی پارامترهای لرزه خیزی کیلو (۲۰۰۰) و توکلی (۱۹۹۶) ۸۵

شکل ۴-۲ تابع عضویت فازی در روابط کاهندگی ۸۶

شکل ۴-۳ الگوریتم نرم افزار نوشته شده جهت بدست آوردن PGA فازی ۸۹

شکل ۴-۴ منحنی PGA فازی با استفاده از رابطه کاهندگی قدرتی و همکاران (۲۰۰۷) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال ۹۰

شکل ۴-۵منحنی PGA فازی با استفاده از رابطه کاهندگی قدرتی و همکاران (۲۰۰۷) و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال ۹۱

شکل ۴-۶ مقایسه PGA فازی بااستفاده از رابطه کاهندگی قدرتی و همکاران [۲۰۰۷] و پارامترهای لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) و توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال ۹۱

شکل ۴-۷ منحنی PGA فازی با استفاده از رابطه کاهندگی قدرتی و همکاران [۲۰۰۷] و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال ۹۲

شکل ۴-۸ منحنی PGA فازی با استفاده از رابطه کاهندگی قدرتی و همکاران (۲۰۰۷) و پارامتر لرزهخیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال ۹۳

شکل ۴-۹ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی قدرتی و همکاران [۲۰۰۷] و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۹۴

شکل ۴-۱۰ منحنی های سطحی شتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی قدرتی و همکاران (۲۰۰۷) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۹۴

شکل ۴-۱۱ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل غیر فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی قدرتی و همکاران [۲۰۰۷] و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۹۵

شکل ۴-۱۲ مقایسه شتاب حاصل از تحلیل خطر فازی با تحلیل خطر غیر فازی زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی قدرتی و همکاران (۲۰۰۷) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۹۶

شکل ۴-۱۳ مقایسه منحنی همشتاب حاصل از تحلیل خطر فازی (خط پر) با تحلیل خطر غیر فازی (خط چین) زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی قدرتی و همکاران (۲۰۰۷) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال ۹۷

شکل ۴-۱۴ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی قدرتی و همکاران [۲۰۰۷] و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۹۷

شکل ۴-۱۵منحنی های سطحی شتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی قدرتی و همکاران [۲۰۰۷] و پارامتر لرزه خیزی توکلی(۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۹۸

شکل ۴-۱۶ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل غیر فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی قدرتی و همکاران [۲۰۰۷] و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۹۹

شکل ۴-۱۷ مقایسه شتاب حاصل از تحلیل خطر فازی با تحلیل خطر غیر فازی زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی قدرتی و همکاران (۲۰۰۷) و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۱۰۰

شکل ۴-۱۸ مقایسه منحنی همشتاب حاصل از تحلیل خطر فازی (خط پر) با تحلیل خطر غیر فازی (خط چین) زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی قدرتی و همکاران (۲۰۰۷) و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال ۱۰۰

شکل ۴-۱۹ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی قدرتی و همکاران (۲۰۰۷) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۰۱

شکل ۴-۲۰ منحنی های سطحی شتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی قدرتی و همکاران (۲۰۰۷) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۰۱

شکل ۴-۲۱ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل غیر فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی قدرتی و همکاران (۲۰۰۷) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۰۲

شکل ۴-۲۲ مقایسه شتاب حاصل از تحلیل خطر فازی با تحلیل خطر غیر فازی زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی قدرتی و همکاران (۲۰۰۷) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۰۳

شکل ۴-۲۳ مقایسه منحنی همشتاب حاصل از تحلیل خطر فازی (خط پر) با تحلیل خطر غیر فازی (خط چین) زلزله با استفاده از رابطهی کاهندگی قدرتی و همکاران (۲۰۰۷) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال ۱۰۴

شکل ۴-۲۴ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی قدرتی و همکاران [۲۰۰۷] و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۰۴

شکل ۴-۲۵ منحنی های سطحی شتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی قدرتی و همکاران [۲۰۰۷] و پارامتر لرزه خیزی توکلی(۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۰۵

شکل ۴-۲۶ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل غیر فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی قدرتی و همکاران [۲۰۰۷] و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۰۶

شکل ۴-۲۷ مقایسه شتاب حاصل از تحلیل خطر فازی با تحلیل خطر غیر فازی زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی قدرتی و همکاران [۲۰۰۷] و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۰۷

شکل ۴-۲۸ مقایسه منحنی همشتاب حاصل از تحلیل خطر فازی (خط پر) با تحلیل خطر غیر فازی (خط چین) زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی قدرتی و همکاران (۲۰۰۷) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال ۱۰۷

شکل ۴-۲۹ منحنی PGA فازی با استفاده از رابطه کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶)و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال ۱۰۹

شکل ۴-۳۰ منحنی PGA فازی با استفاده از رابطه کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) و پارامتر لرزهخیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال ۱۱۰

شکل ۴-۳۱ مقایسه PGA فازی بااستفاده از رابطه کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) و پارامترهای لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) و توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال ۱۱۰

شکل ۴-۳۲ منحنی PGA فازی با استفاده از رابطه کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال ۱۱۱

شکل ۴-۳۳ منحنی PGA فازی با استفاده از رابطه کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) و پارامتر لرزهخیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال ۱۱۲

شکل ۴-۳۴ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶)و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۱۱۳

شکل ۴-۳۵ منحنی های سطحی شتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶)و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۱۱۳

شکل ۴-۳۶ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل غیر فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۱۱۴

شکل ۴-۳۷ مقایسه منحنی همشتاب حاصل از تحلیل خطر فازی (خط پر) با تحلیل خطر غیر فازی (خط چین) زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال ۱۱۵

شکل ۴-۳۸ مقایسه شتاب حاصل از تحلیل خطر فازی با تحلیل خطر غیر فازی زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۱۱۶

شکل ۴-۳۹ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) و پارامتر لرزه خیزی توکلی برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۱۱۶

شکل ۴-۴۰ منحنی های سطحی شتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال. ۱۱۷

شکل ۴-۴۱ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل غیر فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال ۱۱۸

شکل ۴-۴۲ مقایسه منحنی همشتاب حاصل از تحلیل خطر فازی (خط پر) با تحلیل خطر غیر فازی (خط چین) زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) و پارامتر لرزهخیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال ۱۱۹

شکل ۴-۴۳ مقایسه شتاب حاصل از تحلیل خطر فازی با تحلیل خطر غیر فازی زلزله با استفاده از رابطه ی رابطه ی کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۱۱۹

شکل ۴-۴۴ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۲۰

شکل ۴-۴۵ منحنی های سطحی شتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۲۰

شکل ۴-۴۶ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل غیر فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۲۱

شکل ۴-۴۷ مقایسه منحنی همشتاب حاصل از تحلیل خطر فازی (خط پر) با تحلیل خطر غیر فازی (خط چین) زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال. ۱۲۲

شکل ۴-۴۸ مقایسه شتاب حاصل از تحلیل خطر فازی با تحلیل خطر غیر فازی زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۲۳

شکل ۴-۴۹ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۲۳

شکل ۴-۵۰ منحنی های سطحی شتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۲۴

شکل ۴-۵۱ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل غیر فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۲۵

شکل ۴-۵۲ مقایسه منحنی همشتاب حاصل از تحلیل خطر فازی (خط پر) با تحلیل خطر غیر فازی (خط چین) زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال ۱۲۶

شکل ۴-۵۳ مقایسه شتاب حاصل از تحلیل خطر فازی با تحلیل خطر غیر فازی زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۲۶

شکل ۴-۵۴ منحنی PGA فازی با استفاده از رابطه کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال ۱۲۸

شکل ۴-۵۵ منحنی PGA فازی با استفاده از رابطه کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال ۱۲۹

شکل ۴-۵۶ مقایسه PGA فازی بااستفاده از رابطه کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامترهای لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) و توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال ۱۲۹

شکل ۴-۵۷ منحنی PGA فازی با استفاده از رابطه کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزهخیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال ۱۳۰

شکل ۴-۵۸ منحنی PGA فازی با استفاده از رابطه کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال ۱۳۱

شکل ۴-۵۹ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۱۳۲

شکل ۴-۶۰ منحنی های سطحی شتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۱۳۲

شکل ۴-۶۱ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل غیر فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۱۳۳

شکل ۴-۶۲ مقایسه منحنی همشتاب حاصل از تحلیل خطر فازی (خط پر) با تحلیل خطر غیر فازی (خط چین) زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال ۱۳۴

شکل ۴-۶۳ مقایسه شتاب حاصل از تحلیل خطر فازی با تحلیل خطر غیر فازی زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۱۳۵

شکل ۴-۶۴ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۱۳۶

شکل ۴-۶۵ منحنی های سطحی شتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۱۳۶

شکل ۴-۶۶ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل غیر فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۱۳۷

شکل ۴-۶۷ مقایسه منحنی همشتاب حاصل از تحلیل خطر فازی (خط پر) با تحلیل خطر غیر فازی (خط چین) زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۱۳۸

شکل ۴-۶۸ مقایسه شتاب حاصل از تحلیل خطر فازی با تحلیل خطر غیر فازی زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال..... ۱۳۹

شکل ۴-۶۹ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۳۹

شکل ۴-۷۰ منحنی های سطحی شتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۴۰

شکل ۴-۷۱ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل غیر فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۴۱

شکل ۴-۷۲ مقایسه منحنی همشتاب حاصل از تحلیل خطر فازی (خط پر) با تحلیل خطر غیر فازی (خط چین) زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال ۱۴۲

شکل ۴-۷۳ مقایسه شتاب حاصل از تحلیل خطر فازی با تحلیل خطر غیر فازی زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی کیکو (۲۰۰۰) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۴۲

شکل ۴-۷۴ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۴۳

شکل ۴-۷۵ منحنی های سطحی شتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۴۴

شکل ۴-۷۶ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل غیر فازی خطر زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۴۵

شکل ۴-۷۷ مقایسه منحنی همشتاب حاصل از تحلیل خطر فازی (خط پر) با تحلیل خطر غیر فازی (خط چین) زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال ۱۴۶

شکل ۴-۷۸ مقایسه شتاب حاصل از تحلیل خطر فازی با تحلیل خطر غیر فازی زلزله با استفاده از رابطه ی کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) و پارامتر لرزه خیزی توکلی (۱۹۹۶) برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال..... ۱۴۶

شکل ۴-۷۹ درخت منطقی استفاده شده در تحقیق ۱۴۸

شکل ۴-۸۰ نمودار فازی وزن رابطه کاهندگی قدرتی و همکاران (۲۰۰۷) در درخت منطقی ۱۴۸

شکل ۴-۸۱ نمودار فازی وزن رابطه کاهندگی امبرسیز و بومر (۱۹۹۱) در درخت منطقی ۱۴۹

شکل ۴-۸۲ نمودار فازی وزن رابطه کاهندگی سارما و سربالوف (۱۹۹۶) در درخت منطقی ۱۴۹

شکل ۴-۸۳ نمودار فازی وزن پارامتر لرزهخیزی کیکو (۲۰۰۰) و توکلی (۱۹۹۶) در درخت منطقی ۱۵۰

شکل ۴-۸۴ منحنی PGA فازی با استفاده از درخت منطقی برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال ۱۵۱

شکل ۴-۸۵ منحنی PGA فازی با استفاده از درخت منطقی برای احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال ۱۵۲

شکل ۴-۸۶ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از درخت منطقی برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال ۱۵۳

شکل ۴-۸۷ منحنی های سطحی شتاب حاصل از تحلیل فازی خطر زلزله با استفاده از درخت منطقی برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال ۱۵۳

شکل ۴-۸۸ منحنی های همشتاب حاصل از تحلیل غیر فازی خطر زلزله با استفاده از درخت منطقی برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال ۱۵۴

شکل ۴-۸۹ مقایسه منحنی همشتاب حاصل از تحلیل خطر فازی (خط پر) با تحلیل خطر غیر فازی (خط چین) زلزله با استفاده از درخت منطقی برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال ۱۵۵

شکل ۴-۹۰مقایسه شتاب حاصل از تحلیل خطر فازی با تحلیل خطر غیر فازی زلزله با استفاده از درخت منطقی برای احتمال فراگذشت ۱۰٪ در ۵۰ سال ۱۵۶