بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده فنی

گروه عمران

بررسی مخاطرات لرزه‌ای شهر اردبیل

استاد راهنما :

دکتر غلامرضا نوری

استاد مشاور :

دکتر رحمت‌اله نگهدار

توسط :

عباس ارجمند نوشهر

دانشگاه محقق اردبیلی

زمستان ۱۳۹۰

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

که در تمامی مراحل زندگی پشتیبانم بوده‌اند...

نام‌خانوادگی دانشجو: ارجمندنوشهر **نام:** عباس
عنوان پایان‌نامه: بررسی مخاطرات لرزه‌ای شهر اردبیل
استاد راهنما: دکتر غلامرضا نوری
استاد مشاور: دکتر رحمت‌اله نگهدار
مقطع تحصیلی: کارشناسی‌ارشد **رشته:** عمران **گرایش:** زلزله **دانشگاه:** محقق‌اردبیلی **دانشکده:** فنی و مهندسی **تاریخ فارغ‌التحصیلی:** ۱۳۹۰/۱۱/۱ **تعدادصفحات:** ۱۲۴
کلیدواژه: ریزپهنه‌بندی، تحلیل خطر احتمالاتی، تعیینی، طیف طرح ویژه ساختگاه

چکیده :

ایران یکی از کشورهای لرزه خیز جهان میباشد که در کمربند لرزه ای آلپ ـ هیمالیا قرار دارد. شهر اردبیل یکی از مناطق لرزه خیز میباشد که آسیب هایی از زلزله های شدید در آن مشاهده شده است(از قبیل: سرعین۱۸۶۳، شرق اردبیل۱۸۷۹، گیوی۱۸۹۶) و همچنین اخیرا زلزله سرعین۱۹۹۷ با بزرگی Mw=6.1 با ۹۶۵ کشته و ۲۰۰۰ تلفات. لذا لازمست تا درجه خطرپذیری نقاط مختلف شهر و ریزپهنه بندی به منظور به روز کردن آیین نامه ها صورت گیرد.

با توجه به اینکه ریزپهنه بندی تابه حال در این منطقه انجام نشده است، در گام اول یکسری مطالعات زمین شناسی و همچنین شناسایی گسل‌ها با استفاده از نقشه بربریان و نقشه‌های ارگان‌های مرتبط با زمین شناسی در محدوده ۱۵۰ کیلومتری شهر انجام شده است. مکانیزم، ابعاد و طول گسیختگی گسلها نیز تعیین شده است.

در گام دوم تحلیل خطر احتمالاتی و تعیینی برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال برای رخداد زلزله‌های تاریخی و دستگاهی تا سال ۲۰۱۱ با استفاده از روش های تحلیل خطر Kijko 2001, Green and Hall 1994 و روش درخت منطقی برای وزن دادن به روابط کاهندگی انجام شده است.

به منظور جمع آوری اطلاعات ژئوتکنیکی، شهر به نواحی با وسعت حداکثر ۱کیلومترمربعی براساس آیین نامه TC4 تقسیم بندی شده است. در هر ناحیه، اطلاعات ژئوتکنیکی برای هر گمانه ۳۰ متری جمع‌آوری شده است. نقشه های پهنه بندی پریود غالب خاک و نوع زمین براساس طبقه بندی سرعت موج برشی به منظور انتخاب نوع طیف طرح در آیین‌نامه‌ها برای هر ناحیه تهیه شده است.

تحلیل غیرخطی پروفیل های خاک با نرم‌افزار NERA به منظور محاسبه شتاب پاسخ سطح زمین انجام شده است. این نقشه پهنه بندی شتاب، درجه خطرپذیری نواحی شهر را به منظور تدوین آیین‌نامه‌های شهرسازی و اجتناب از گسترش شهر به سمت نواحی پرخطر، مشخص میکند.

نهایتا به منظور معین نمودن طیف طرح ، سه روش بکار گرفته شد: ۱ـ طیف پاسخ از تحلیل پاسخ پروفیل خاک برای هر ناحیه ۲ـ تحلیل آماری طیف پاسخ یکسری از زلزله‌های رخداده در دنیا مطابق با نوع خاک هر ناحیه ۳ـ طیف پاسخ براساس روابط کاهندگی

طیف طرح بدست آمده از سه روش فوق میانگین گیری و هموار می‌شود و در مقایسه با طیف طرح آیین‌نامه ۲۸۰۰ مقادیر بالاتری را در قسمت شتاب ثابت نتیجه می دهد.

فهرست عناوین

عنوان **صفحه**

فصل اول : کلیات

۱ـ۱ـ مقدمه ۲

۱ـ۲ـ پهنه بندی ۲

۱ـ۲ـ۱ـ کلان پهنه بندی ۳

۱ـ۲ـ۲ـ ریز پهنه بندی ۳

۱ـ۲ـ۲ـ۱ نقشه های کاربری زمین ۴

۱ـ۲ـ۲ـ۲ـ استنتاج معیارهای کاهش خطر ۴

۱ـ۲ـ۳ـ مشخصات ریز پهنه بندی ۴

۱ـ۲ـ۳ـ۱ پهنه بندی کلی یا درجه یک ۴

۱ـ۲ـ۳ـ۲ـ پهنه بندی جزئی یا درجه دو ۵

۱ـ۲ـ۳ـ۳ـ پهنه بندی دقیق یا درجه سه ۶

۱ـ۳ـ اهداف و ضرورت تحقیق ۶

۱ـ۴ـ ساختار پایان نامه ۷

فصل دوم : روش‌های تحلیل‌خطر و ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیکی

۲ـ۱ـ زمین شناسی منطقه اردبیل ۹

۲ـ۱ـ۱ـ تقسیم بندی زمین شناسی منطقه ۹

۲ـ۱ـ۱ـ۱ـ تقسیم بندی افتخار نژاد ۱۲

۲ـ۱ـ۱ـ۲ـ تقسیم بندی نبوی ۱۲

۲ـ۱ـ۲ـ پهنه‌های اصلی رسوبی ـ ساختاری ۱۲

۲ـ۱ـ۳ـ تکامل زمین شناسی و تکتونیکی گسترده مورد مطالعه ۱۳

۲ـ۲ـ ریخت شناسی منطقه ۱۵

۲ـ۳ـ لرزه زمین ساخت عمومی ۱۷

۲ ـ۴ ـ سیمای ساختاری در گستره ناحیه‌ای ۱۸

۲ـ ۵ـ ایا لت‌های لرزه زمین ساختی ایران ۱۹
۲ـ۵ـ۱ـ تقسیم بندی نوروزی(۱۹۷۶) ۱۹
۲ـ۵ـ۲ـ تقسیم بندی بربریان(۱۹۷۶) ۲۰
۲ـ۵ـ۳ـ تقسیم بندی نوگل سادات(۱۹۹۳) ۲۲
۲ـ۴ـ۵ـ تقسیم بندی پور کرمانی و اسدی(۱۳۷۴) ۲۳

۲ـ۶ـ روند های زمین‌ساختی در پهنه اردبیل ۲۳

۲ـ۷ـ معرفی گسلهای مهم لرزه زا و کواترنر ۲۴

۲ـ۷ـ۱ـ گسل شمال تبریز ۲۸
۲ـ۷ـ۲ـ گسل دشت مغان ۲۹
۲ـ۷ـ۳ـ گسل آستارا ۲۹
۲ـ۷ـ۴ـ گسل نئور ۲۹
۲ـ۷ـ۵ـ گسل خاور اردبیل ۳۰
۲ـ۷ـ۶ـ گسل جنوب اردبیل ۳۰
۲ـ۷ـ۷ـ گسل بزقوش ۳۰
۲ـ۷ـ۸ـ گسل سنگور ۳۱
۲ـ۷ـ۹ـ گسل هرو آباد ۳۱
۲ـ۷ـ۱۰ـ گسل فومن ۳۱
۲ـ۷ـ۱۱ـ گسل ماسوله ۳۱

۲ـ۷ـ۱۲ـ گسل تالش ۳۱

۲ـ۷ـ۱۳ـ گسل زرد گلی، کبته و باکلور ۳۱

۲ـ۸ـ تاریخچه لرزه‌خیزی منطقه طرح ۳۲

۲ـ۹ـ شرح مختصر زمین‌لرزه‌های تاریخی ۳۳
۲ـ۱۰ـزمین لرزه های دستگاهی یا سده بیستم ۳۵

۲ـ۱۰ـ۱ـزمین‌لرزه ۲۸ فوریه سال ۱۹۹۷م گلستان ـ اردبیل ۳۵

۲ـ۱۱ـ نتیجه گیری از لرزه خیزی استان اردبیل ۴۲

۲ـ۱۲ـ واحدهای زمین شناسی مهندسی در محدوده مورد مطالعه ۴۲

۲ـ۱۲ـ ۱ـ واحدهای سنگی ۴۴

۲ـ۱۲ـ ۱ـ واحدهای آبرفتی ۴۴

۲ـ۱۳ـ خطر نسبی زلزله در اردبیل و شتاب مبنای طرح در سازه‌های مهندسی ۴۶

۲ـ۱۴ـ مبانی تحلیل خطر لرزه ای و ارزیابی اثرات ساختگاهی ۴۸

۲ـ۱۴ـ۱ـ تحلیل تکتونیکی یا روش محاسباتی (قطعی) ۴۸

۲ـ۱۴ـ۱ـ۲ـ توان لرزه زایی گسلهای منطقه ۴۹

۲ـ۱۴ـ۱ـ۳ـ برآورد شتاب بیشینه ۵۰

۲ـ۱۴ـ۲ـ روش آماری (احتمالی) ۵۲

۲ـ۱۴ـ۲ـ۱ـ کاتالوگ زلزله ۵۳
۲ـ۱۴ـ۲ـ ۲ـ حذف پس لرزه و پیش لرزه ۵۳
۲ـ۱۴ـ۲ـ۳ـ بزرگی زلزله ۵۴
۲ـ۱۴ـ۲ـ۴ـ تعیین پارامترهای لرزه ای برای اردبیل ۵۵

۲ـ۱۴ـ۲ـ۴ـ ۱ـ تعیین پارامترهای لرزه ای با استفاده از نرم‌افزار Kijko[2001] ۵۶

۲ـ۱۴ـ۲ـ۴ـ ۲ـ پارامترهای لرزه ای محاسبه شده توسط توکلی۱۹۹۶ برای ایران ۶۰

۲ـ۱۴ـ۲ـ۵ـ روابط کاهندگی ۶۲

۲ـ۱۴ـ۲ـ۵ـ۱ـ آمبرسیز و همکاران ۲۰۰۵ ۶۳

۲ـ۱۴ـ۲ـ۵ـ۲ـ زارع و سبزعلی ۲۰۰۶ ۶۴

۲ـ۱۴ـ۲ـ۵ـ۳ـ آکار و بومر۲۰۰۷ ۶۵

۲ـ۱۴ـ۲ـ۶ـ تابع چگالی ۶۶

۲ـ۱۴ـ۲ـ۷ـ Logic Tree ۷۳

۲ـ۱۵ـ طیف ویژه‌ی ساختگاه ۷۶

۲ـ۱۵ـ۱ـ تحلیل پاسخ زمین ۷۶

۲ـ۱۵ـ۱ـ۱ـ مرحله‌ی اول ۷۶

۲ـ۱۵ـ۱ـ۲ـ مرحله‌ی دوم ۷۷

۲ـ۱۵ـ۱ـ۳ـ مرحله‌ی سوم ۷۷

۲ـ۱۵ـ۱ـ۴ـ مرحله‌ی چهارم ۸۰

۲ـ۱۵ـ۱ـ۴ـ۱ـ تعیین مشخصات زلزله ی طرح ۸۱

۲ـ۱۵ـ۱ـ۵ـ مرحله‌ی پنجم ۸۳

۲ـ۱۵ـ۲ـ تهیه‌ی طیف ویژه‌ی ساختگاه با تحلیل‌های آماری رکورد زلزله‌های مختلف ۹۰

۲ـ۱۵ـ۲ـ ۱ـ انتخاب رکوردها ۹۰

۲ـ۱۵ـ۲ـ ۲ـ اصلاح رکوردها ۹۲

۲ـ۱۵ـ ۳ـ تهیه‌ی طیف ویژه‌ی ساختگاه با استفاده از روابط کاهندگی ۹۴

فصل سوم : ارائه‌ی نتایج ، نمودارها و بحث

۳ـ۱ـ شتاب مبنای طرح ۹۸

۳ـ۲ـ طیف ویژه‌ی ساختگاه ۹۹

۳ـ۲ـ۱ـ طیف حاصل از پاسخ زمین ۹۹

۳ـ۲ـ۲ـ طیف حاصل از انجام تحلیل‌های آماری با استفاده از رکورد زلزله‌های مختلف ۱۰۱

۳ـ۲ـ۳ـ طیف حاصل از روابط کاهندگی ۱۰۲

۳ـ۳ـ طیف ویژه ی ساختگاه نهایی برای شهر اردبیل ۱۰۳

۳ـ۴ـ نقشه‌ی پهنه‌بندی سرعت موج برشی ، پریود غالب خاک و شتاب سطح زمین حاصل از تحلیل پروفیل خاک تا عمق متوسط ۳۰ متری ۱۱۴

فصل چهارم : نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۴ـ۱ـ خلاصه نتایج تحقیق ۱۱۹

۴ـ۲ـ پیشنهادات ۱۲۰

منابع فارسی و لاتین ۱۲۱

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل(۲ـ۱)، واحدهای ساختمانی ـ رسوبی ایران(م.ح.نبوی،۱۳۵۵) ۱۰

شکل(۲ـ۲)، واحدهای ساختمانی و گسترش حوزه‌های رسوبی ایران(افتخارنژاد ۱۳۵۹) ۱۱

شکل(۲ـ۳)، پهنه‌های رسوبی ـ ساختاری ایران (آقانباتی، ۱۳۸۳) ۱۳

شکل(۲ـ۴)، موقعیت زمین ساختی اذربایجان در ۳,۵ میلیون
سال قبل (زونن شاین و لو پیشون۱۹۸۶) ۱۴

شکل(۲ـ۵)، کانون مهم لرزه های بزرگ در گستره جنوبی خزر(۱۹۸۳ بربریان) ۱۸

شکل(۲ـ۶)، واحد های سایزموتکتونیکی ایران(بربریان،۱۹۷۶) ۲۱

شکل(۲ـ۷)، تقسیم بندی لرزه زمین ساختی نوگل سادات ۲۲

شکل(۲ـ۸)، ایالت‌های سایزموتکتونیکی ایران(پورکرمانی و اسدی ۱۳۷۴) ۲۳

شکل(۲ـ۹)، نقشه گسلهای فعال اصلی منطقه و ساز و کار کانونی
(پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی) ۲۵

شکل(۲ـ۱۰)، نقشه گسلهای فعال (نقشه بربریان،۱۹۷۶) ۲۵

شکل(۲ـ۱۱)، نقشه گسلهای محدوده‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه
(سایت سازمان زمین‌شناسی ایران، www.ngd.ir) ۲۶

شکل(۲ـ۱۲)، نقشه لرزه زمین ساخت گستره مورد مطالعه برپایه
نقشه سایزموتکتونیک ایران ۲۶

شکل(۲ـ۱۳)، نقشه‌ی شماتیک گسلهای فعال منطقه ۲۷

شکل(۲ـ۱۴)، نقشه‌ی نهایی گسلها و مشخصات آن در شعاع ۱۵۰ کیلومتری اردبیل ۲۷

شکل(۲ـ۱۵)، تاریخچه لرزه خیزی و گسلهای فعال منطقه ۳۲

شکل(۲ـ۱۶)، کانون لرزه ای و گسل های فعال شمال غرب ایران (بربریان و ییتس ۱۹۹۹) ۳۳

شکل(۲ـ۱۷)، کانون زمینلرزه اردبیل ۳۶

شکل(۲ـ۱۸)، نقشه سه بعدی تو پو گرافی و خطوط هم لرز برای زمینلرزه گلستان ،اردبیل ۳۶

شکل(۲ـ۱۹)، زلزله سده بیستم با بزرگای بیش از ۴ در شعاع ۲۰۰ کیلومتر اردبیل ۴۱

(پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله)

شکل(۲ـ۲۰)، نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه ۴۳

شکل(۲ـ۲۱)، نمائی از واحد نهشته‌های درشت دانه قدیمی (شهرک کوثر) ۴۵

شکل(۲ـ۲۲)، نمائی از رودخانه بالخلی چای و رسوبات شنی و ماسه‌ای آن ۴۶

شکل(۲ـ۲۳)، نقشه خطر لرزه‌ای ایران (پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله ۴۷

شکل(۲ـ۲۴)، نقشه پهنه‌بندی خطر زلزله در استان اردبیل (بر اساس آئین نامه ۲۸۰۰) ۴۷

شکل(۲ـ۲۵)، مراحل تحلیل خطر تعینی ۴۸

شکل(۲ـ۲۶)، مراحل تحلیل خطر احتمالاتی ۵۲

شکل(۲ـ۲۷)، نمودار تبدیل بزرگی زلزله ۵۵

شکل(۲ـ۲۸)، مقایسه تغییرمکان زمین‌لرزه‌های کاتالوگ اصلاح شده با کاتالوگ اصلی ۵۷

شکل(۲ـ۲۹)، نرخ وقوع سالیانه برای زلزله های با بزرگی بیشتر از ۳,۵ ۶۰

شکل(۲ـ۳۰)، تقسیم بندی توکلی۱۹۹۶ و پارامتر لرزه ای اردبیل (منطقه ی ۱۶) ۶۱

شکل(۲ـ۳۱)، تقسیم بندی زارع و معماریان ۲۰۰۲ و پارامتر لرزه ای اردبیل (منطقه ی ۱) ۶۲

شکل(۲ـ۳۲)، تابع چگالی برای بزرگی ماکزیمم ۸ ۶۶

شکل(۲ـ۳۳)، تقسیم‌بندی گسل آستارا به ۱۰ قطعه و اندازه‌گیری ۶۸

فاصله مرکز قطعات تا مرکز شهر

شکل(۲ـ۳۴)، منحنی خطر برای گسل جنوب اردبیل با رابطه‌ی کاهندگی آکارـ بومر ۲۰۰۷ ۷۱

شکل(۲ـ۳۵)، منحنی خطر گسل‌ها و منحنی ترکیب ، برای رابطه‌ی
کاهندگی آکارـ بومر ۲۰۰۷ با استفاده از پارامترهای لرزه‌ای روش Kijko2001 ۷۲

شکل(۲ـ۳۶)، منحنی خطر گسل‌ها و منحنی ترکیب ، برای رابطه‌ی کاهندگی
آکارـ بومر ۲۰۰۷ با استفاده از پارامترهای لرزه‌ای روش توکلی ،۱۹۹۶ ۷۳

شکل(۲ـ۳۷)، نمودار درختی ضریب مشارکت روابط کاهندگی و پارامترهای لرزه‌ای ۷۴

شکل(۲ـ۳۸)، نواحی نادیده گرفته شده در روش توکلی ۱۹۹۹ ۷۵

شکل(۲ـ۳۹)، مش‌بندی شماتیک یک کیلومتر مربعی برای حفر گمانه‌ی ۳۰ متری ۷۷

شکل(۲ـ۴۰)، ضرایب مشارکت روابط تجربی مورد استفاده برای تبدیل عدد
SPT به سرعت موج برشی ۷۹

شکل(۲ـ۴۱)، گمانه‌ی ۴۰ متری میدان بعثت ، نمونه‌ای از ۷۰ گمانه‌ی جمع‌آوری شده
برای شهر اردبیل و تعیین سرعت موج برشی هر لایه ۸۰

شکل(۲ـ۴۲)، نمودارهای کاهش مدول برشی بر حسب کرنش
Seed and Sun 1989 (رس) و Seed & Idriss 1970 (ماسه) ۸۴

شکل(۲ـ۴۳)، مقایسه‌ی نمودارهای EPRI(1993) و Seed et al.(1986) (ماسه) ۸۵

شکل(۲ـ۴۴)، مقایسه‌ی خاکهای لای دار از نوع ML با منحنی ماسه Seed et al(1986) ۸۵

شکل(۲ـ۴۵)، مقایسه‌ی نمودار کاهش مدول برشی Vucetic-Dobry(1991)
با نمودار Seed et al(1986) ۸۶

شکل(۲ـ۴۶)، مقایسه‌ی نمودار کاهش مدول برشی Vucetic-Dobry(1991)
با نمودارBorden et al,1996 ۸۶

شکل(۲ـ۴۷)، نمودار کاهش مدول برشی و میرایی بر حسب کرنش Seed and Sun, 1989 ۸۷

شکل(۲ـ۴۸)، نمودار کاهش مدول برشی Schnabel(1984) (سنگ) و Seed et al., (1984)(برای شن) ۸۷

شکل(۲ـ۴۹)، نحوه‌ی دیجیتایز و رسم نمودار طیف حاصل از روابط کاهندگی برای پریودهای مختلف ۹۶

شکل (۳ـ۱)، منحنی خطر حاصل از روابط کاهندگی و ترکیب با استفاده از ضرایب درخت منطقی ۹۸

شکل (۳ـ۲)، منحنی خطر نهایی منطقه ، برای تعیین شتاب مبنای طرح ۹۸

شکل (۳ـ۳)، طیف‌های پاسخ یکی از پروفیل‌های خاک و طیف پاسخ میانگین ۱۰۰

شکل (۳ـ۴)، طیف پاسخ نهایی حاصل از تحلیل پروفیل‌های خاک محدوده‌ی شهر اردبیل ۱۰۰

شکل (۳ـ۵)، مقادیر طیفی شتابنگاشت‌های زمین نوع ۲ پس از تحلیل آماری ۱۰۱

شکل (۳ـ۶)، مقادیر طیفی شتابنگاشت‌های زمین نوع۳ پس از تحلیل آماری ۱۰۱

شکل (۳ـ۷)، مقادیر طیف پاسخ محاسبه شده با روابط کاهندگی به روش تحلیل خطر احتمالاتی برای زمین نوع ۲ ۱۰۲

شکل (۳ـ۸)، مقادیر طیف پاسخ محاسبه شده با روابط کاهندگی به روش تحلیل خطر احتمالاتی برای زمین نوع۳ ۱۰۳

شکل (۳ـ۹)، طیف پاسخ ویژه‌ی ساختگاه (میانگین طیف پاسخ زمین، روابط کاهندگی و تحلیل‌های آماری) ۱۰۴

شکل (۳ـ۱۰)، کنترل طیف ویژه ساختگاه با ضابطه‌ی آیین نامه زلزله ۲۸۰۰ ۱۰۴

شکل (۳ـ۱۱)، مقایسه طیف طرح بدست آمده با طیف طرح آیین نامه زلزله ۲۸۰۰ ۱۰۵

شکل (۳ـ۱۲)، طیف طرح محاسبه شده برای شهر اردبیل (زمین نوع ۲ و ۳) ۱۰۵

شکل (۳ـ۱۳)، طیف طرح نهایی مناطق ۷۰ گانه‌ی محدوده‌ی شهر اردبیل ۱۰۶

شکل (۳ـ۱۴)، مش‌بندی شهر اردبیل به منظور جمع‌آوری اطلاعات ژئوتکنیکی گمانه‌ها ۱۱۴

شکل (۳ـ۱۵)، طبقه‌بندی نوع زمین در محدوده‌ی شهر اردبیل براساس طبقه‌بندی آیین‌نامه زلزله ۲۸۰۰ ۱۱۵

شکل (۳ـ۱۶)، نقشه‌ی پهنه‌بندی پریود غالب خاک در محدوده‌ی شهر اردبیل ۱۱۶

شکل (۳ـ۱۷)، مقدار شتاب سطح خاک ، ناشی از تحلیل پروفیل خاک برای شتاب مبنای طرح ۱۱۷

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول (۲ـ۱)، زمین‌لرزه‌های تاریخی منطقه مورد مطالعه (قبل از ۱۹۰۰ میلادی) ۳۴

جدول (۲ـ۲)، لرزه‌خیزی منطقه برای زلزله های دستگاهی ۳۷

جدول (۲ـ۳)، مشخصات گسلهای منطقه و برآورد توان لرزه‌زائی آنها ۵۰

جدول (۲ـ۴)، برآورد میانگین بیشینه شتاب افقی در محل ساختگاه ۵۱

جدول (۲ـ۵)، پنجره‌ی زمانی و مکانی Knopoff به منظور حذف پیش‌لرزه و پس‌لرزه ۵۴

جدول (۲ـ۶)، تبدیل واحد بزرگی زلزله ۵۵

جدول (۲ـ۷)، طبقه بندی کاتالوگ زلزله‌ها به منظور تحلیل داده‌ها ۵۸

جدول (۲ـ۸)، خروجی برنامه Kijko[2001] پس از تحلیل ۵۹

جدول (۲ـ۹)، مشخصات گسل‌ها و فاصله‌ی مرکز ۱۰ قطعه تا مرکز شهر ۶۷

جدول (۲ـ۱۰)، احتمال افزایش PGA از 0.05g با توجه به R و M مشخص ۶۹

جدول (۲ـ۱۱)، احتمال افزایش PGA از acc ۷۰

جدول (۲ـ۱۲)، روابط تجربی تبدیل SPT به سرعت موج برشی ۷۸

جدول (۲ـ۱۳)، رکوردهای انتخابی برای بستر سنگی ۸۲

جدول (۲ـ۱۴)، نمودارهای کاهش مدول برشی بر حسب کرنش مورد استفاده برای تحلیل خاک ۸۸

جدول (۲ـ۱۵)، رکورد زلزله برای خاک نوع ۲ ۹۰

جدول (۲ـ۱۶)، رکورد زلزله برای خاک نوع ۳ ۹۱

جدول (۲ـ۱۷)، اعمال ضرایب مقیاس برای رکوردهای انتخابی ۹۳

جدول (۲ـ۱۸)، ضرایب رابطه‌ی کاهندگی Akkar&Bommer(2007b) برای برخی از پریودها ۹۵

جدول (۳ـ۱)، محاسبه‌ی شتاب مبنای طرح برای دوره بازگشت ۲۴۷۵ و ۴۷۵ ساله ۹۹

فصل اول

کلیات

۱ـ۱ـ مقدمه

زمین لرزه رویدادی است که از دیرباز در جای جای جهان اتفاق افتاده است و امکـان رخـداد آن در هر نقطه از دنیا در آینده نیز محتمل میباشد.

در هنگام وقوع یک زمین لرزه و حرکات شدید زمین بسته به شرایط محیطی و نزدیکی به مراکز آزاد سازی انرژی، تغییر شکلهای زمین بصورتهای گوناگون ظـاهر شـده و مخـاطراتی را بوجـود میـآورد ایـن مخاطرات در حین زمین لرزه و جابجایی های زمین بعد از آن، بصـورت گسـیختگیهای سـطح زمـین در پیرامون رومرکزی یک زمین لرزه، بصورت پدیده های مهم مخـــرب ژئوتکنیکـی (همچـون زمـین لغـزه، تشدید و روانگرایی) که به پدیده های ژئوتکنیک لرزه ای معروف گشته اند تا مسـافتهای زیـادی نمایـان میشوند.

پرهیز از مخاطرات ناشی از بروز زمین لرزه در مناطق فعال لرزه ای غیر ممکن است. با توجه به اینکه کشور ما در منطقه ای از کره زمین قرار دارد که از نگاه زمین ساختی (تکتونیکی) و لرزه خیـزی، بسـیار نا آرام و پر تکاپو است به همین سبب کاربرد برخی از تمهیدات که نتیجه تجربیات حاصل از زمـین لـرزه های گذشته است، سبب کاهش خرابیها خواهد شد.

ایمنی ساختگاه حین زمین لرزه بسیار متأثر از بروز پدیده های ژئوتکنیـک و گسـیختگی و حرکـات گسلها میباشد. از اینرو ضرورت شناخت مناطق مستعد به پدیده های مخرب ژئوتکنیکی و پهنه بندی آن در مقیاسهای استاندارد برای بافتهای شهری آشکار میشود.

در گزارش حاضر سعی شده است این مهم در مورد پدیده های ژئوتکنیکی شهر اردبیل مورد مطالعه و بررسی دقیق قرار گیرد.

۱ـ۲ـ پهنه بندی

پهنه بندی که در حقیقت تعیین محدوده های وقوع پدیده های مخاطره آمیز ناشی از زلزله با میزان احتمالات مختلف میباشد، بر اساس نوع آن که بستگی به مساحت و مقیاس نقشه های تهیه شده و نوع و دقت اطلاعات و شواهد موجود و کاربرد نقشه ها دارد به دو سطح کلان پهنه بندی و ریز پهنه بندی قابل تقسیم و انجام میباشد.

۱ـ۲ـ۱ـ کلان پهنه بندی

کلان پهنه بندی نتیجه حاصل از برآورد کلی خطرات زمین لـرزه مـی‌باشـد. بـر مبنـای اطلاعـات و شواهد عمومی و اولیه در یک منطقه نستباً بزرگ، برآورد خطرات زمین لـرزه بصـورت ارزیـابی و تعیـین احتمال وقوع پدیده های لرزه ای بر اساس بزرگای حاصـل و شـدت لـرزه ای مـورد انتظـار در یـک دوره بازگشت مشخص، صورت میگیرد. کلان پهنه بندی یک نقشه کوچک مقیاس از توزیع جغرافیایی فـاکتور ها و پارامتر های اساسی پدیده های ژئوتکنیک میباشد.[۱]

۱ـ۲ـ۲ـ ریز پهنه بندی

مقابله با مخاطرات زمین لرزه به دو گونه، طراحی مشخصات سـازه بصـورت مقـاوم در مقابـل اثـرات مخرب نیروهای دینامیکی و تامین ایمنی ساختگاه در مقابل وقوع پدیده های مخرب ژئوتکنیـک صـورت میپذیرد. آئین نامه ها و استاندارها، در گذشته با ارائه پارامترهای اساسـی طـرح سـازه، اثـرات دینـامیکی زمین لرزه را بصورت مستقیم و غیر مستقیم به حساب آورده اند اما در باب مقوله دوم، اطلاعات بصـورت محدود و در اختیار مراکز تحقیقاتی بوده و توجه کمتری به ایمنی ساختگاه و تهیه نقشه های بهره گیری از زمین شده است. اهمیت حفظ ایمنی ساختگاه در سـالهای اخیـر مـورد توجـه بسـیاری از مهندسـین، محققین و استفاده کنندگان از زمین در مناطق فعال و لرزه خیز دنیا قرار گرفته است.

رشد روز افزون در شناخت این پدیده ها، بدنبال وقوع لغزشهای زمین در مقیاس بزرگ و روانگرایـی های عظیم که در اغلب زمین لرزه های اخیر مشاهده شده است، باعث گردید کـه شـهرهای بزرگـی کـه دارای خطر پذیری بالایی نسبت به خطرات ژئوتکنیک در زلزله های آینده هستند، مورد بررسیهای دقیق قرار گیرند. در پاسخ به این پیشرفتها، کوششهای مختلفی در جهت ارزیابی خطرات ژئوتکنیکی و ارائه آنها بصورت نقشه های پهنه بندی، که در آن مناطق با پتانسیلهای مختلف خطـر نمـایش داده شـده صـورت گرفته است . اشکال مختلف این نفشه ها به شرح زیر میباشند.[۱]

۱ـ۲ـ۲ـ۱ نقشه های کاربری زمین

از ترکیب نقشه های پهنه بندی خطرات ژئوتکنیکی با یک خطرپذیری قابل قبول، راهنمای مناسبی برای تعیین کاربری متناسب با نوع و میزان آسیب پذیری منطقه مورد مطالعـه بدست می‌آید. در حالاتی که خطرپذیری بالا باشد، تحقیقات ژئوتکنیکی بیشتری برای ارزیابی خطـر آتـی لازم اسـت و نتیجـه آن محاسبات و اندازه گیریهای دقیق تر و یا محدودیت استفاده از زمین خواهد بود.

۱ـ۲ـ۲ـ۲ـ استنتاج معیارهای کاهش خطر

معیار کاهش خطر برای ایمن ساختمانها و تاسیسات موجود در مقابل زمـین لـرزه میتوانـد بـر پایـه نقشـــه های پهنه بنـــدی با جزئیات کافی که اجازه بهره گیری از یک خطر پذیری مناسـب را میدهـد، انجام پذیرد.

از آنجائیکه خطرات ژئوتکنیک هنوز بصورت گسـترده در آیـین نامـه هـا دیـده نمیشـود. در برخـی کشورها مثل ژاپن و چین، این ملزومات بصورت بخشهایی در مبحث طـرح پـی سـاختمانها و پلهـا آورده شده است. در دیگر کشورها این موارد به قضاوت مهندس واگذار شده است. بـدیهی اسـت کـه مطالعـات بیشتری در ارائه روند استاندارد برای بررسی و در نظر گرفتن این خطرات ژئوتکنیکی مورد نیاز است.

۱ـ۲ـ۳ـ مشخصات ریز پهنه بندی

براساس کارهای صورت گرفته توسط کمیته فنی مهندسی و ژئوتکنیک لرزه‌ای، نقشه های ریز پهنـه بندی بنابر دقت مورد نیاز، اطلاعات موجود و بودجه، به سه سطح (درجه) طبقه بندی شده اند.

۱ـ۲ـ۳ـ۱ پهنه بندی کلی یا درجه یک

ابتدایی ترین سطح پهنه بندی، با استفاده از تفسـیر اطلاعـات موجـود، اسـناد تـاریخی، گزارشـهای منتشر شده و دیگر اطلاعات موجود میباشد. این روش کم هزینه ترین و سریعترین روش معمول بـوده و ارزش فنی کمی دارد و در سطح یک منطقه بزرگ مثل، کشور، استان و برخی نواحی محلی بکار میرود.

برای پهنه بندی حرکات زمین میتوان از اطلاعات ثبت شده زمین لرزه ها بهره گرفت. این اطلاعات تقریباً برای بیشتر نقاط موجود بوده و شامل اطلاعات محلی (بزرگای محلی، شدت و خرابیها)، مقادیر و مکانیزم کانونها میباشد. اطلاعات تاریخی انواع مختلف خرابیها برای محلهای مختلف در دسترس میباشد . با داده های زمین لرزه های گذشته بر حسب مقدارـ فراوانی، می‌توان زمین لرزه آینده را بصورت گرافها و خطوطی ترسیم نمود. همچنین میتوان براساس حرکات موجود زمین یکسری اصلاحات انجام داد و نقشه های اولیه حرکات زمین را ارائه نمود.

نقشه های زمین شناسی و ساختار زمین، معمولاً منابع مهم اطلاعاتی برای دستیابی به پتانسیل گسیختگی زمین و حرکات شدید زمین و نوع رسوبات و نهشته های جوان دوران چهارم زمین شناسی (کواترنری) میباشند. گزارشهای آزمایشها و مطالعات صحرایی مختلف نیز منبع خوبی برای تعیین شرایط نهشته و زمین شناسی منطقه میباشد. نقشه های پهنه بندی درجه یک، معمولاً با مقیاس ۱:۱/۰۰۰/۰۰۰ تا ۱ :۵۰/۰۰۰ تهیه میگردند.[۲]

۱ـ۲ـ۳ـ۲ـ پهنه بندی جزئی یا درجه دو

این درجه پهنه بندی دارای کیفیت بالاتری نسبت به پهنه بندی درجه یک میباشد. معمولاً برای یک منطقه یا شهر مورد استفاده قرار میگیرد. در این نوع پهنه بندی با استفاده از عکسهای هوایی قدیمی، شرایط زمین شناسی و زمین ریخت شناسی (ژئومورفولوژی) میتوان اطلاعات بیشتری بدست آورده و در برخی حالات، عکسهای قدیمیتر، درک بهتری از ساختار زمین شناسی محلی و ساختار گسلها را موجب میگردند.

مطالعات صحرایی اضافی در راستای شناخت و شناسایی بهتر واحدهای زمین شناسی جهت بررسی امکان وقوع پدیده های مخرب ژئوتکنیک لازم میباشد. گزارشهای ژئوتکنیکی بخشهای دولتی و سازمانهای خصوصی تهیه شده نیز کمک بزرگی برای جمع آوری داده های اولیه میباشد. همچنین مصاحبه با سکنه منطقه میتواند اطلاعات مفیدی از این خطرات در گذشته به دست دهد. اندازه گیریهای میکروترمور نیز برای کسب اطلاعات بیشتر از لایه های زمین و مشخصات دامنه حرکات زمین مناسب میباشد. در روش پهنه بندی درجه دو با بالا رفتن سطح اطلاعات، میتوان نقشه های پهنه بندی را با مقیاس ۱ :۱۰۰/۰۰۰ تا ۱ :۱۰/۰۰۰ تهیه نمود.[۲]