به نام یزدان پاک

به نام خدا

دانشکده عمران

ارائه روابط کاهندگی پارامترهای جنبش نیرومند زمین برای البرز و ایران مرکزی

بهرنگ بابای اهری

پایان‌نامه کارشناسی ارشد
در رشته
مهندسی عمران – زلزله

استاد راهنما: دکتر غلامرضا قدرتی امیری
استاد مشاور: دکتر عباس مهدویان

دی‌ماه ۱۳۸۲

تقدیم به

پدر فداکار

و

مادر مهربانم

سپاس و قدردانی

اکنون که با یاری خداوند متعال دوره کارشناسی ارشد را به پایان می‌رسانم، بر خود فرض می‌دانم تا از زحمات دلسوزانه و مستمر استاد محترم راهنمای خود، جناب آقای دکتر غلامرضا قدرتی امیری که با راهنمایی‌های به جا و مفید خود، مراتب انجام پژوهش حاضر را بر من هموار ساختند، کمال قدردانی و تشکر را داشته باشم.

همچنین انجام این تحقیق را مرهون راهنمایی‌های همیشگی، ارزشمند و مفید جناب آقای دکتر عباس مهدویان، استاد محترم مشاور خود می‌دانم و بدین وسیله مراتب کمال سپاس و قدردانی خود را ابراز می‌دارم.

در ادامه از اعضای محترم گروه زلزله دانشگاه علم و صنعت ایران که همواره در امر تدریس و انتقال آخرین مطالب علمی و ایجاد بستری مناسب چهت یادگیری، ثابت قدم بوده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

همچنین از زحمات آقای مهندس فرزاد منوچهری دانا که در مرتفع ساختن مشکلات موجود مرا یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

مراتب سپاس و قدردانی فراوان خود را از پدر فداکار و مادر مهربانم که در طول دوران تحصیل همواره مشوق و پشتیبان من بودند، اعلام می‌دارم.

در انتها از زحمات برادر مهربانم، آقای مهندس ارژنگ بابای اهری و دوست عزیزم آقای مهندس ایمان حیدری که در امر تدوین پایان نامه یاور من بودند، قدردانی می‌نمایم.

چکیده

در این تحقیق سعی گردید روابط کاهندگی پارامترهای جنبش نیرومند زمین برای منطقه البرز و ایران مرکزی محاسبه گردد این روابط برای بیشینه شتاب و بیشینه سرعت زمین (PGA و PGV) استخراج شده‌اند.

در ابتدا سعی گردید تا مبانی نظری مساله جمع‌آوری گردد تا علاوه بر به دست آوردن اطلاعات علمی مورد نیاز، زمینه‌های موجود برای تحقیق بیشتر روشن‌گردد. پس از جمع‌آوری اطلاعات علمی مورد نیاز، هدف، انتخاب مجموعه‌ای از رکوردها جهت انجام مراحل بعدی تحقیق بود. در این انتخاب معین بودن زلزله مسبب رکورد، مشخص بودن نوع زمین ثبت کننده رکود و قابل اعتماد بودن رکورد از نظر نحوه ثبت، عددی نمودن و تصحیح مد نظر قرار گرفت. در نهایت مجموعه‌ای شامل ۸۲۴ رکورد برای کل ایران انتخاب گردید سپس با توجه به رکوردهای انتخابی کاتالوگی از زلزله‌های منطقه البرز و ایران مرکزی، زاگرس و کل ایران تدوین گردید.

به کمک نرم‌افزار SWS عملیات تصحیح رکوردها با توجه به فرکانس‌های تصحیح مناسب صورت پذیرفت و در نهایت پارامترهای PGA و PGV برای هر رکورد استخراج شدند. علاوه بر این پارامترهای بزرگا و فاصله کانونی با توجه به روابط موجود بدست آمدند. در این تحقیق از روش اختلاف زمانی بین امواج S و P نیز جهت بدست آوردن فاصله کانونی بهره گرفته شد.

نهایتاً مدل‌های کاهندگی متعددی از بین مدل‌های ارائه شده توسط محققان مختلف بررسی شده و دو مدل برای کاهندگی بیشینه شتاب و بیشینه سرعت زمین انتخاب شد. جهت انجام تحقیق مدل‌هایی انتخاب شدند که هماهنگی بیشتری با منطقه مورد مطالعه دارا بودند. سپس با استفاده از نرم‌افزار Statistica عملیات برازش بر روی مجموعه داده‌ها انجام شد و در نهایت ورابط کاهندگی بیشینه شتاب و بیشینه سرعت زمین برای مناطق البرز و ایران مرکزی، زاگرس و کل ایران استخراج شدند.

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
فصل اول: کلیات	۲
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- تاریخچه مدل کاهیدگی	۴
۱-۲-۱- تغییرات بنیادی در مدل‌های کاهیدگی	۶
۱-۲-۲- مدل‌های کاهیدگی بهنگام شده جهان	۲۱
فصل دوم: مبانی نظری	۲۴
۲-۱- امواج زلزله	۲۴
۲-۲- تعیین کانون زلزله	۲۵
۲-۳- معرفی اصول کار و انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری زلزله	۲۶
۲-۳-۱- مقدمه	۲۶
۲-۳-۲- دستگاه شتابنگار آنالوگ SMA1	۲۷
۲-۳-۳- دستگاه شتابنگار دیجیتال SSA2	۲۸
۲-۴- پارامترهای در نظر گرفته شده در مدل‌های کاهیدگی	۲۹
۲-۴-۱- بزرگا (اندازه) زلزله	۳۰
۲-۴-۱-۱- بزرگای موج سطحی	۳۰
۲-۴-۱-۲- بزرگای موج حجمی	۳۱
۲-۴-۱-۳- بزرگای گشتاور	۳۱

۲-۴-۲- فاصله ۳۲
۲-۴-۲-۱- فاصله کانونی ۳۳
۲-۴-۳- شرایط ساختگاه ۳۴
۲-۴-۳-۱- شرایط ساختگاهی در آیین‌نامه‌های کشورهای مختلف ۳۴
۲-۴-۳-۲- روش‌های تعیین نوع شرایط ساختگاهی ۳۴
۲-۴-۳-۲-۱- طبقه‌بندی مشخصات ایستگاه‌ها بر اساس سرعت امواج برشی ۳۵
۲-۴-۳-۲-۲- مطالعه شرایط ساختگاهی در ایران ۳۵
۲-۴-۳-۲-۲-۱- تحقیقات مهدویان در زمینه تعیین مشخصات ایستگاه‌های شبکه شتابنگاشتی کشور ۳۶
۲-۴-۴- عمق رسوبات ۳۶
۲-۴-۵- ساز و کار چشمه لرزه‌زا ۳۷
۲-۴-۵-۱- سازو کار گسل‌های ایران ۳۸
۲-۵- موقعیت جغرافیایی و مشخصات تکتونیک البرز، ایران مرکزی و زاگرس ۳۹
۲-۵-۱- ایران مرکزی ۳۹
۲-۵-۲- البرز ۴۱
۲-۵-۳- زاگرس ۴۳
۲-۶- پارامترهای حرکت زمین ۴۵
۲-۶-۱- مقدمه ۴۵
۲-۶-۲- پارامترهای دامنه ۴۵
۲-۶-۲-۱- شتاب ماکزیمم ۴۶
۲-۶-۲-۲- سرعت ماکزیمم ۴۶
۲-۶-۲-۳- جابجایی ماکزیمم ۴۷
۲-۷- عوامل موثر بر حرکت زمین ۴۷

۲-۷-۱- عوامل موثر بر پارامترهای دامنه حرکت زمین ۴۸
۲-۷-۱-۱- فاصله ۴۸
۲-۷-۱-۲- مشخضات زمین‌شناختی محل ۴۹
۲-۷-۱-۳- بزرگی زلزله ۵۰
۲-۸- روابط کاهیدگی ۵۰
۲-۸-۱- تدوین روابط کاهیدگی ۵۱
۲-۸-۲- ساختار رابطه کاهیدگی ۵۱
۲-۸-۲-۱- نمونه‌هایی از مدل‌های کاهیدگی ارائه شده توسط محققان ۵۳
۲-۸-۲-۱-۱- مدل‌های کاهیدگی آبراهامسون و سیلوا ۵۳
۲-۸-۲-۱-۲- مدل آمبرسیز، سیمپسون و بومر ۵۴
۲-۸-۲-۱-۳- مدل کاهیدگی کمپبل ۵۵
۲-۸-۲-۱-۴- مدل کاهیدگی صدیق، چنگ، اگان، مکدیسی و یانگز ۵۷
۲-۸-۲-۱-۵- مدل اسپودیچ و همکاران ۵۸
۲-۸-۲-۱-۶- مدل آتکینسون و بور ۵۹
۲-۸-۲-۲- روابط کاهیدگی ارائه شده برای خاور میانه و فلات ایران ۵۹
۲-۸-۲-۲-۱- مقدمه ۵۹
۲-۸-۲-۲-۲- روابط کاهیدگی Chiaruttini & Siro (1981) ۶۰
۲-۸-۲-۲-۳- رابطه امبرسیز و بومر برای اروپا و خاورمیانه ۶۰
۲-۸-۲-۲-۴- رابطه ارائه شده توسط رمزی و Schenk برای ایران ۶۱
۲-۸-۲-۲-۵- رابطه امبرسیز و سیمپسون(۱۹۹۶) برای اروپا و خاورمیانه ۶۱
۲-۸-۲-۲-۶- رابطه کاهندگی رمزی(۱۹۹۹) برای ایران ۶۲
۲-۸-۲-۲-۷- رابطه کاهندگی ارائه شده توسط زارع برای فلات ایران ۶۳

فصل سوم: جمع‌آوری اطلاعات، پردازش رکوردها و استخراج پارامترها ۶۷

۳-۱- جمع‌آوری اطلاعات و تهیه کاتالوگ زلزله ۶۷

۳-۱-۱- مقدمه ۶۷

۳-۱-۲- تهیه رکوردهای زلزله ۶۷

۳-۱-۳- انتخاب زیر مجموعه‌ای از رکوردها ۶۸

۳-۱-۳-۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه ثبت کننده ۶۸

۳-۱-۳-۲- مشخص بودن زلزله مسبب ۶۸

۳-۱-۳-۳- مشخص بودن شرایط زمین ایستگاه ثبت کننده رکورد زلزله ۶۹

۳-۱-۳-۳-۱- مشخصات ایستگاههای شبکه شتابنگاری کشور ارائه شده توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ۷۰

۳-۱-۳-۳-۲- تحقیقات زارع درتعیین مشخصات ایستگاه‌های شبکه شتابنگاری کشور ۷۰

۳-۱-۳-۳-۳- تحقیقات مهدویان درتعیین مشخصات ایستگاه‌های شبکه شتابنگاری کشور ۷۱

۳-۱-۳-۳-۴- تعیین شرایط ساختگاه ایستگاه ثبت‌کننده با استفاده از رسم طیف فوریه ۷۱

۳-۱-۳-۴- رکوردها قابل اعتماد از نظر ثبت دستگاهی و نحوه عددی نمودن ۷۲

۳-۱-۳-۴-۱- تحقیقات زارع ۷۲

۳-۱-۳-۴-۲- تحقیقات مهدویان ۷۳

۳-۱-۴- بزرگای زلزله مسبب ۷۳

۳-۱-۵- فاصله مرکز زلزله تا ایستگاه ثبت کننده ۷۴

۳-۱-۵-۱- محاسبه فاصله مرکز زلزله تا ایست"گاه ثبت کننده با استفاده از روش S-P ۷۴

۳-۱-۵-۱-۱- نحوه قرائت زمان موج S ۷۵
۳-۱-۵-۱-۲- نحوه قرائت زمان موج P ۷۶
۳-۱-۵-۱-۳- محاسبه فاصله با توجه به زمان امواج S و P ۷۶
۳-۲- پردازش رکوردها و تعیین پارامترهای زلزله ۱۰۷
۳-۲-۱- مقدمه ۱۰۷
۳-۲-۲- ارزیابی منابع خطای شتابنگاشت‌ها ۱۰۷
۳-۲-۲-۱- منابع خطای شتابنگاشت‌ها ۱۰۸
۳-۲-۲-۱-۱- خطاهای دستگاهی ۱۰۸
۳-۲-۲-۱-۲- خطای ظهور و عددی سازی ۱۰۸
۳-۲-۳- پردازش رکوردها ۱۰۹
۳-۲-۳-۱- تعیین مقادیر FH و FL برای تصحیح شتابنگاشت‌ها ۱۰۹
۳-۲-۳-۱-۱- انتخاب FH برای حذف خطاهای فرکانس بالا ۱۱۰
۳-۲-۳-۱-۲- انتخاب FL برای حذف خطاهای فرکانس پایین ۱۱۱
۳-۲-۳-۱-۳- بررسی اثرات فاصله کانونی، بزرگا و شرایط ساختگاهی بر فرکانس تصحیح ۱۱۲
۳-۲-۳-۱-۳-۱- اثر فاصله کانونی بر فرکانس تصحیح ۱۱۲
۳-۲-۳-۱-۳-۲- اثر بزرگا بر فرکانس تصحیح ۱۱۲
۳-۲-۳-۱-۳-۳- اثر شرایط زمین‌ساختی ایستگاه ثبت کننده رکورد بر مقدار فرکانس تصحیح ۱۱۳
۳-۲-۳-۲- نحوه تصحیح رکوردها و استخراج پارامترهای جنبش نیرومند زمین ۱۱۴

فصل چهارم: برازش (رگرسیون) داده‌ها و ارائه مدل‌های کاهیدگی ۱۳۱
۴-۱- تحلیل رگرسیون ۱۳۲
۴-۱-۱- انواع تحلیل رگرسیون ۱۳۲

۴-۱-۱-۱- تحلیل رگرسیون ساده ۱۳۲
۴-۱-۱-۱-۱- روش حداقل مربعات ۱۳۳
۴-۱-۱-۱-۲- خوبی برازش ۱۳۳
۴-۱-۱-۱-۳- خوبی برازش نسبی ۱۳۴
۴-۱-۱-۱-۴- ضریب همبستگی ۱۳۴
۴-۱-۱-۲- الگوی رگرسیون غیر خطی ۱۳۵
۴-۱-۱-۲-۱- تعیین برآوردهای کمترین مربعت در تخلیل رگرسیون غیر خطی ۱۳۶
۴-۱-۱-۲-۲- روش تکرار گوس-نیوتن ۱۳۷
۴-۲- روش برازش داده‌های جنبش نیرومند زمین ۱۳۸
۴-۳- ارائه مدلهای کاهیدگی ۱۴۰
۴-۳-۱- پارامترهای جنبش نیرومند زمین در روابط کاهیدگی ۱۴۰
۴-۳-۲- فاصله و بزرگا در روابط کاهیدگی جنبش نیرومند زمین ۱۴۱
۴-۳-۳- مدلهای ارائه شده جهت تهیه روایط کاهیدگی پارامترهای جنبش نیرومند زمین ۱۴۲
۴-۳-۳-۱- مدلهای در نظر گرفته شده جهت تهیه روابط کاهیدگی بیشینه شتاب زمین ۱۴۲
۴-۳-۳-۱-۱- مدل کاهیدگی Estva ۱۴۲
۴-۳-۳-۱-۲- مدل کاهیدگی Donovan ۱۴۳
۴-۳-۳-۱-۳- مدل کاهیدگی Estva & Villaverde (1973) ۱۴۳
۴-۳-۳-۱-۴- مدل کاهیدگی Donovan & Bornstein (1978) ۱۴۳
۴-۳-۳-۱-۵- مدل کاهیدگی Blume (1977) ۱۴۴
۴-۳-۳-۱-۶- مدل کاهیدگی Blume (1980) ۱۴۴
۴-۳-۳-۱-۷- مدل کاهیدگی Xu et al. (1984) ۱۴۴

۴-۳-۳-۲- مدل در نظر گرفته شده جهت تهیه رابطه کاهیدگی بیشینه سرعت زمین ۱۴۵
۴-۳-۳-۲-۱- مدل کاهیدگی Atkinson & Boore(1990) ۱۴۵
۴-۴- روند انجام تحلیل رگرسیون به وسیله نرم‌افزار و استخراج روابط کاهندگی ۱۴۶
۴-۵- روابط کاهندگی بیشینه شتاب و سرعت زمین برای ایران و البرز مرکزی و زاگرس ۱۴۸
۴-۶- تفسیر نتایج ۱۷۸

فصل پنجم: تفسیر نتایج، نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات ۱۸۱
۵-۱- نتیجه‌گیری ۱۸۲
۵-۲- ارائه پیشنهادات ۱۸۳
فهرست مراجع ۱۸۴

فهرست اشکال و نمودارها

عنوان	صفحه
۱-۲- انواع فواصل تعریف شده برای مدل‌های مختلف کاهیدگی	۳۳
۱-۳- مؤلفه‌های L، V و T برای رکورد ۱۸۶۹	۷۷
۲-۳- مؤلفه‌های L، V و T برای رکورد ۵-۱۸۷۴	۷۸
۱-۴- مقایسه‌ای بین رابطه ارائه شده در این تحقیق برای مؤلفه افقی P.G.A در ساختگاه سنگی ایران و رابطه کمپبل ۱۹۸۱	۱۵۳
۲-۴- منحنی کاهیدگی مؤلفه افقی PGA و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه سنگی البرز و ایران مرکزی	۱۵۴
۳-۴- منحنی کاهیدگی مؤلفه عمودی PGA و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه سنگی البرز و ایران مرکزی	۱۵۵
۴-۴- منحنی کاهیدگی مؤلفه افقی PGA و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه خاکی البرز و ایران مرکزی	۱۵۶
۵-۴- منحنی کاهیدگی مؤلفه عمودی PGA و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه خاکی البرز و ایران مرکزی	۱۵۷
۶-۴- منحنی کاهیدگی مؤلفه افقی PGA و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه سنگی زاگرس	۱۵۸
۷-۴- منحنی کاهیدگی مؤلفه عمودی PGA و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه سنگی زاگرس	۱۵۹
۸-۴- منحنی کاهیدگی مؤلفه افقی PGA و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه خاکی زاگرس	۱۶۰
۹-۴- منحنی کاهیدگی مؤلفه عمودی PGA و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه خاکی زاگرس	۱۶۱

فهرست اشکال و نمودارها

عنوان	صفحه
۴-۱۰- منحنی کاهیدگی مؤلفه افقی PGA و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه سنگی ایران	۱۶۲
۴-۱۱- منحنی کاهیدگی مؤلفه عمودی PGA و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه سنگی ایران	۱۶۳
۴-۱۲- منحنی کاهیدگی مؤلفه افقی PGA و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه خاکی ایران	۱۶۴
۴-۱۳- منحنی کاهیدگی مؤلفه عمودی PGA و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه خاکی ایران	۱۶۵
۴-۱۴- منحنی کاهیدگی مؤلفه افقی PGV و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه سنگی البرز و ایران مرکزی	۱۶۶
۴-۱۵- منحنی کاهیدگی مؤلفه عمودی PGV و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه سنگی البرز و ایران مرکزی	۱۶۷
۴-۱۶- منحنی کاهیدگی مؤلفه افقی PGV و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه خاکی البرز و ایران مرکزی	۱۶۸
۴-۱۷- منحنی کاهیدگی مؤلفه عمودی PGV و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه خاکی البرز و ایران مرکزی	۱۶۹
۴-۱۸- منحنی کاهیدگی مؤلفه افقی PGV و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه سنگی زاگرس	۱۷۰
۴-۱۹- منحنی کاهیدگی مؤلفه عمودی PGV و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه سنگی زاگرس	۱۷۱
۴-۲۰- منحنی کاهیدگی مؤلفه افقی PGV و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه خاکی زاگرس	۱۷۲

فهرست اشکال و نمودارها

عنوان	صفحه
۴-۲۱- منحنی کاهیدگی مؤلفه عمودی PGV و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه خاکی زاگرس	۱۷۳
۴-۲۲- منحنی کاهیدگی مؤلفه افقی PGV و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه سنگی ایران	۱۷۴
۴-۲۳- منحنی کاهیدگی مؤلفه عمودی PGV و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه سنگی ایران	۱۷۵
۴-۲۴- منحنی کاهیدگی مؤلفه افقی PGV و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه خاکی ایران	۱۷۶
۴-۲۵- منحنی کاهیدگی مؤلفه عمودی PGV و توزیع آن مقابل فاصله برای بزرگاهای مختلف در ساختگاه خاکی ایران	۱۷۷

فهرست جداول

عنوان	صفحه
۱-۱- ویژگی‌های مدل‌های کاهیدگی شتاب جنبش زمین از سال ۱۹۵۴ تا سال ۱۹۸۰	۷
۱-۲- ویژگی‌های مدل‌های کاهیدگی شتاب جنبش زمین از سال ۱۹۸۱ تا سال ۱۹۹۳	۱۵
۱-۳- چکیده‌ای از ویژگی‌های روابط کاهندگی بهنگام شده جهان	۲۲
۳-۱- مشخصات زلزله‌های رکوردهای انتخابی	۸۰
۳-۲- محدوده مناسب جهت انتخاب فرکانس تصحیح رکوردها در شرایط ساختگاهی مختلف	۱۱۲
۳-۳- پارامترهای زلزله برای رکوردهای ثبت شده	۱۱۵
۴-۱- مقادیر Residual محاسبه شده برای رابطه ۴-۲۲	۱۴۷
۴-۲- مشخصات روابط کاهیدگی ارائه شده برای PGA	۱۴۹
۴-۳- مشخصات روابط کاهیدگی ارائه شده برای PGV	۱۵۰
۴-۴- مقادیر انحراف استاندارد در روابط مربوط به PGA برای بازه بزرگاهای مختلف	۱۵۱
۴-۵- مقادیر انحراف استاندارد در روابط مربوط به PGV برای بازه بزرگاهای مختلف	۱۵۲

فصل اول:

کلیات

۱- کلیات

۱-۱- مقدمه

مطالعه زلزله به قرن‌های متمادی در گذشته برمی‌گردد. مدارک مربوط به زلزله‌های نواحی شرقی مدیترانه و ژاپن به حدود ۱۶۰۰ سال قبل بر می‌گردد. در حالی که سوابق تاریخی متعلق به زلزله‌های آمریکا بسیار کمتر و در حدود ۳۵۰ سال می‌باشد. امروزه صدها ملیون نفر از مردم جهان با خطرات ناشی از زلزله‌ها مواجه هستند. بیلیونها دلار از تأسیسات عمومی دائماً در معرض خطر صدمات ناشی از زلزله قرار دارند که این مخاطرات در کشورهای مختلف به یک اندازه نمی‌باشد. زلزله‌ها ملیون‌ها سال است که در گوشه و کنار جهان اتفاق می‌افتند و جلوگیری از وقوع آنها در آینده ممکن نمی‌باشد. لذا پذیرش خطرات و عواقب ناشی از زلزله امری اجتناب‌ناپذیر است. در عین حال کاهش اثرات منفی لرزش‌های نیرومند زمین، در قالب تقلیل خسارات، صدمات و تلفات انسانی ناشی از آن، امکان‌پذیر است.

خوشبختانه اکثر زلزله‌ها به اندازه‌ای ضعیف هستند که احساس نمی‌شوند. تنها درصد بسیار کمی از آنها هستند که خسارات قابل توجهی ایجاد کرده و جزء زلزله‌های بزرگ محسوب می‌شوند.

لازمهٔ مطالعه و تحقیق در زمینه مهندسی ژئوتکنیک لرزه‌ای درک کامل مراحل مختلف وقوع زلزله و اثر آنها بر حرکات زمین می‌باشد. علم لرزه‌شناسی در طی سال‌ها با شناخت ساختار رفتار داخلی زمین پیشرفت زیادی را تجربه کرده است. گرچه وقوع زلزله با پیچیدگی‌های زیادی همراه است، لیکن با پیشرفت علم لرزه‌شناسی، درک مطلوبی از مکانیزم وقوع زلزله در اغلب مناطق لرزه‌خیز حاصل شده است.

زلزله‌شناسی مهندسی (Engineering Seismology) یک شاخه بین رشته‌ای از مهندسی است که در میان علوم زمین و مهندسی عمران قرار می‌گیرد و هدف آن بطور مقدماتی کم کردن خطرپذیری

از زمین‌لرزه می‌باشد. مطالعه از دیدگاه زلزله‌شناسی مهندسی در مناطق زلزله زده سبب می‌شود که ارتباط مناسبی بین مطالعات زلزله‌شناسی محض با مهندسی زلزله برقرار گردد.

تعیین میزان خطرپذیری در هر نقطه از کره زمین نیازمند تخمین پارامترهای زمین‌لرزه احتمالی در آن نقطه می‌باشد. پارامترهایی که اغلب بدین منظور به کار برده می‌شوند شامل سرعت و شتاب حرکات نیرومند زمین می‌باشند. جهت تعیین پارامترهای فوق‌الذکر، بایستی ابتدا مشخصات چشمه لرزه‌زا در دسترس بوده و علاوه بر آن نحوه تغییرات امواج لرزه‌ای از منبع تا مقصد مشخص گردد. برای نیل به این مقصود نیازمند به استفاده از روابط کاهیدگی مناسب هستیم که در برگیرنده همه پارامترهای مؤثر در تغییر مشخصات امواج لرزه‌ای باشند. انجام صحیح بررسی‌های تحلیل خطر زمین‌لرزه و یافتن پارامترهای جنبش نیرومند برای طراحی مقاوم در برابر زمین‌لرزه، مستلزم کاربرد روابط کاهیدگی مناسب برای کشور می‌باشد.

متأسفانه تا کنون به دلیل کمبود چنین مطالعاتی در کشور و عدم دسترسی به داده‌های پایه شتابنگاری تصحیح شده، در هنگام بررسی‌های خطر زمین‌لرزه برای سازه‌های مهم مهندسی نظیر طرح‌های سد و نیروگاه، از مدل‌هایی استفاده می‌شود که بر اساس داده‌های جنبش نیرومند زمین در سایر کشورهای لرزه‌خیز (به ویژه آمریکا، کشورهای اروپایی و ژاپن) توسعه داده و ارائه شده‌اند. عمدتاً دلیل منطقی برای قابل استفاده بودن این مدل‌ها در کشور وجود ندارد و تنها به دلیل نبودن مدل‌های مناسب از آنها استفاده می‌شود. این در حالی است که این روابط برای محل‌هایی توسعه داده شده‌اند که از نظر ویژگی‌های لرزه‌زمین‌ساختی کاملاً با پهنه‌های مختلف کشور متفاوت می‌باشند. به علاوه، مشاهده می‌شود که اکثراً در هنگام بررسی‌های خطر زمین‌لرزه برای سازه‌های مهندسی مهم در کشور، از چندین مدل مختلف استفاده شده و در نهایت از میان پارامترهای حاصل از آنها میانگین انتخاب و معرفی می‌گردد.

لازم به ذکر است که این نوع برخورد آماری با مسأله تحلیل خطر زمین‌لرزه، نامناسب‌ترین حالت ممکن بوده و موجب می‌شود تا هیچ دلیل زلزله‌شناختی و لرزه‌زمین ساختی در پس ارائه پارامترها به این روش موجود نباشد. لذا اهمیت استفاده از مدل‌هایی که بر اساس داده‌های شتابنگاری کشور توسعه داده شده باشند، تا اعتماد به این مدل‌ها و ملحوظ شدن ویژگی‌های لرزه‌زمین‌ساختی هر پهنه از کشور در آنها امکان‌پذیر گردد، امری لازم و حیاتی به نظر می‌رسد. لذا در این مطالعه سعی شده است به ارائه روابط کاهیدگی مناسب برای نواحی البرز و ایران مرکزی، زاگرس و کل ایران پرداخته شود. فصول بعدی دربرگیرنده تاریخچه تحقیقات، مبانی نظری، نحوهٔ جمع‌آوری اطلاعات و ارائه کاتالوگ زلزله، نحوه پردازش اطلاعات و استخراج پارامترهای حرکت نیرومند زمین، ارائه مدل و روش‌های آماری در رگرسیون داده‌ها می‌باشند. مدل‌های ارائه شده قطعاً می‌توانند در پروژه‌های مربوط به تحلیل خطر زمین‌لرزه در این نواحی به کار گرفته شده و به عنوان مبنای مناسبی جهت تعیین پارامترهای جنبش نیرومند زمین قرار گیرند.

امید است این مطالعهٔ هر چند ناچیز زمینه مناسبی جهت رشد و بالندگی هر چه بیشتر علم لرزه‌شناسی مهندسی فراهم نموده و لزوم انجام مطالعات هر چه بیشتر در زمینه تدوین روابط کاهیدگی را در کشور عزیزمان ایران، یادآور شود.

۱-۲- تاریخچه مدل کاهیدگی

تا پیش از پژوهش نیومن در سال ۱۹۵۴، اطلاعاتی در دست نمی‌باشد. نامبرده، مدل کاهیدگی بیشینه شتاب جنبش نیرومند زمین را بر پایه زمین‌لرزه‌های آمریکا و شتابنگاشتهای آنها بصورت زیر ارائه نمود[۱]:

$$\log a = 4.79 - 1.92 \log D$$ رابطه ۱-۱