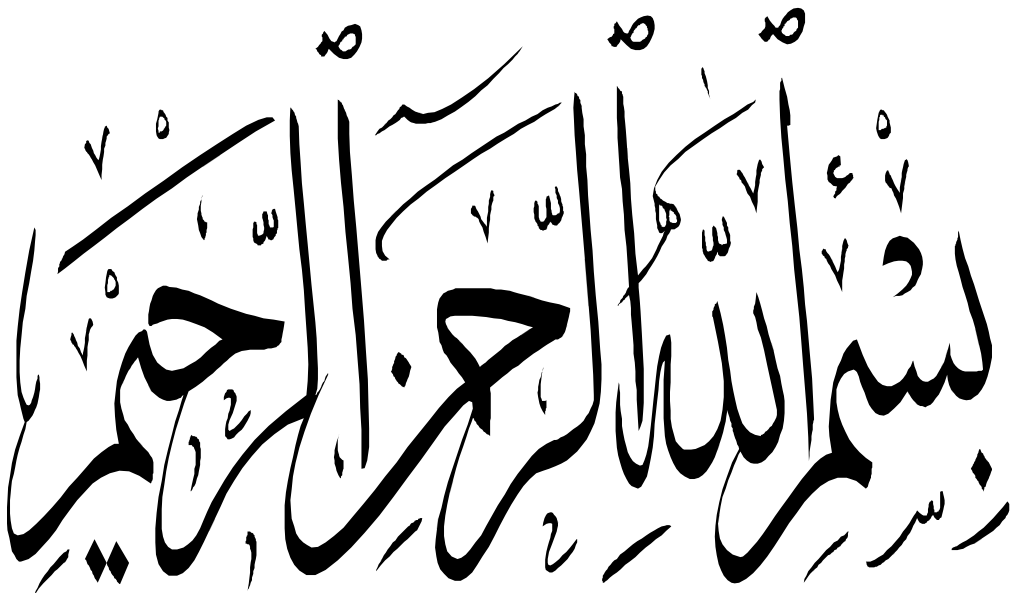
بسم الله الرحمن الرحيم

تاسیس ۱۳۰۷
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده عمران

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی زلزله

مدلسازی توابع آسیب‌پذیری لرزه‌ای تجهیزات متعارف بیمارستانی

استاد راهنما

دکتر محمدرضا ذوالفقاری

نگارش

سیما جهانبخش

۸۷۰۳۵۱٤

تیر ۱۳۹۰

تاسیس ۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی عمران

تائیدیه هیات داوران

هیئت داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان: مدلسازی توابع آسیب پذیری لرزه‌ای تجهیزات متعارف بیمارستانی

توسط خانم سیما جهانبخش صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته: **مهندسی عمران** گرایش **زلزله** با رتبهٔ مورد تائید قرار می‌دهند.

۱- استاد راهنما آقای دکتر محمد رضا ذوالفقاری امضاء.....

۲- استاد مشاور آقای دکتر..... امضاء.....

۳- ممتحن خارجی آقای دکتر بابک منصوری امضاء.....

٤- ممتحن داخلی آقای دکتر سید بهرام بهشتی اول امضاء.....

۵- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده آقای دکتر..... امضاء.....

اظهارنامه دانشجو

موضوع پایان نامه : مدلسازی توابع آسیب پذیری لرزه‌ای تجهیزات متعارف بیمارستانی

استاد راهنما: **جناب آقای دکتر محمد رضا ذوالفقاری**

نام دانشجو: **سیما جهانبخش**

شماره دانشجوئی: **۸۷۰۳۵۱٤**

اینجانب **سیما جهانبخش** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش **زلزله** دانشکده **مهندسی عمران** دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده دراین پایان نامه توسط شخص‌اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تائید می‌باشد و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسطاینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:

حق طبع ونشر و مالکیت نتایج

۱- حق طبع و نشر نتایج این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان نامه حق چاپ و تکثیراین پایان نامه متعلق یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد. ضمناً متن‌این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی‌این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

تقدیم به

پدر عزیز

و

مادر مهربانم

با تقدیر و تشکر از زحمات خالصانه و راهنمایی‌های فراوان استاد فرهیختـه و گرانقدر جناب آقای دکتر محمد رضا ذوالفقاری که در انجام‌این پژوهش بنـده را یاری نمودند.

چکیده

عملکرد لرزه‌ای بیمارستان‌ها و سرویس‌دهی آنها بعد از زلزله به عوامل زیادی بستگی دارد از جمله این عوامل آسیب‌پذیری سازه‌ای و عملکرد بی‌وقفه سیستم‌های جانبی و شبکه سرویس دهی می‌باشد. علاوه بر آنها اعضا غیرسازه‌ای بانضمام تجهیزات پزشکی و سایر تجهیزات موجود در بیمارستان نیز بایستی عملکرد لرزه‌ای مناسبی داشته باشند. هدف اصلی این پایان‌نامه ارائه روشی برای تحلیل و بررسی آسیب‌پذیری لرزه‌ای تجهیزات بیمارستانی می‌باشد که در آن به عنوان مثال تجهیزات اتاق عمل مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.

برای این مطالعه یک نمونه اتاق عمل بیمارستان بازبینی شده و تجهیزات موجود در آن برای مدلسازی بصورت سه بعدی، برداشت شده‌اند. تحلیل تجهیزات و بررسی رفتار آنها در برابر زلزله با استفاده از نرم‌افزار *Visual Nastran* انجام شده است. این نرم‌افزار با استفاده از تکنیک‌های عددی قدرتمند قابلیت محاسبه حرکت اجسام دارای اندرکنش تحت تاثیر نیروهای متغیر با زمان را دارد. در این نرم‌افزار میز لرزانی شبیه‌سازی شده و تجهیزات بر روی آن قرار گرفته‌اند. به منظور در نظر گرفتن مولفه قائم زلزله با توجه به شرایط نرم‌افزار و مدلسازی، میز لرزان تحت سرعت افقی و قائم زلزله قرار گرفته است. برای بررسی اثر متقابل تجهیزات بر یکدیگر و بررسی احتمال برخورد آنها، کلیه تجهیزات مربوط به اتاق عمل در کنار هم روی میز لرزان شبیه سازی شده است. با توجه به مودهای رفتاری مختلف و پارامترهای موثر در آنها، نتایج بررسی بصورت منحنی‌های شکنندگی ارائه می‌گردد. منحنی شکنندگی احتمال تجاوز از سطح عملکرد مشخصی را برای سطوح مختلف خطر نشان می‌دهد. دراینجا مودهای رفتاری لغزشی و واژگونی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج نشان‌دهنده تاثیرگذار بودن ضریب اصطکاک، اثر متقابل تجهیزات و مولفه قائم زلزله روی پاسخ لرزه‌ای تجهیزات می‌باشد.

فهرست مطالب

فهرست اشکال ..... ل

فهرست جداول ..... ع

فصل اول: کلیات ۱

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- ضرورت انجام تحقیق ۴

۱-۳- موضوع و هدف پایان‌نامه ۵

۱-۴- ساختار پایان‌نامه ۶

فصل دوم: مروری بر ادبیات فنی ۷

۲-۱- مقدمه ۷

۲-۲- تحلیل لرزه‌ای تجهیزات ۸

۲-۲-۱- مطالعات انجام شده بر روی پاسخ نوسانی تجهیزات ۹

۲-۲-۲- مطالعات انجام شده بر روی پاسخ لغزشی تجهیزات ۱۳

۲-۲-۳- تحلیل لرزه‌ای تجهیزات با استفاده از مدل‌سازی نرم‌افزاری ۱۵

۲-۳- ارزیابی آسیب‌پذیری تجهیزات بیمارستان ۱۷

۲-۳-۱- مطالعات انجام شده برای ارزیابی آسیب‌پذیری تجهیزات بیمارستان ۱۸

۲-۳-۲- آیین‌نامه‌های بررسی آسیب‌پذیری بیمارستان‌ها ۲۰

۲-۴- منحنی‌های شکنندگی ۲۲

۲-۴-۱- روشهای بدست آوردن منحنی شکنندگی تحلیلی ۲۵

۲-۵- نتیجه‌گیری ۲۹

فصل سوم : مدلسازی و تحلیل لرزه‌ای تجهیزات وبرآورد منحنی‌های شکنندگی ۳۱

۳-۱- مقدمه ۳۱

۳-۲- تحلیل لرزه‌ای اعضا غیر سازه‌ای ۳۲

۳-۳- معرفی نرم‌افزار مورد استفاده و خصوصیات آن ۳۳

۳-۴- ارزیابی نرم‌افزار ۳۶

۳-۵- مدلسازی ۳۸

۳-۶- ورودی نرم‌افزار ۳۹

۳-۷- خروجی نرم‌افزار ۴۰

۳-۸- مفهوم کلی منحنی شکنندگی ۴۱

۳-۹- نتیجه‌گیری ۴۳

فصل چهارم: مطالعه موردی تجهیزات اتاق عمل ۴۴

۴-۱- مقدمه ۴۴

۴-۲- مراحل ارزیابی آسیب لرزه‌ای تجهیزات ۴۵

۴-۳- تجهیزات مورد بررسی ۴۵

۴-۴- مدلسازی رفتار لرزه‌ای تجهیزات مورد مطالعه ۴۷

۴-۵- منحنی‌های شکنندگی ۶۱

۴-۶- روندترسیم منحنی‌های شکنندگی ۶۲

۴-۷- روش محاسبه توابع شکنندگی لغزشی تجهیزات ۶۳

۴-۸- روش محاسبه توابع شکنندگی واژگونی تجهیزات ۶۵

۴-۹- نتایج تحلیلی ۶۵

۴-۹-۱- مود لغزشی تجهیزات ۶۵

۴-۹-۲- مود واژگونی تجهیزات ۷۱

۴-۹-۳- بررسی اثر متقابل تجهیزات روی یکدیگر ۷۷

۴-۹-۴- بررسی اثر مولفه قائم زلزله روی پاسخ تجهیزات ۸۳

۴-۱۰- نتیجه‌گیری ۸۸

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۸۹

۵-۱- نتیجه‌گیری ۸۹

۵-۲- پیشنهادات برای مطالعات آینده ۹۱

لیست مقالات ارائه شده ۹۲

مراجع ۹۳

پیوست ۱ ..... ۹۹

پیوست ۲ ..... ۱۰۸

فهرست اشکال

شکل ۱- ۱: نیاز به خدمات درمانی پس از زلزله ۵

شکل ۲- ۱: طرح کلی حرکت لغزشی خالص بلوک صلب تحت شتاب پایه $\ddot{u}_g$ ۸

شکل ۲- ۲: طرح کلی حرکت نوسانی مسطح و خالص بلوک صلب تحت شتاب پایه $\ddot{u}_g$ ۹

شکل ۲- ۳: محدوده‌ی مودهای سکون، لغزش، نوسان و لغزش – نوسان برای H/B =۴ ..... ۱۱

شکل ۲- ۴: مدل ریاضی برای پیش‌بینی رفتار لغزش/ نوسان بر روی دوپایه یک جسم صلب ۱۶

شکل ۳- ۱: سرعت زاویه‌ای و دوران بلوک صلب با پارامتر فرکانسی $p=1.25\ rad/s$ و $\alpha=0.16rad$ (ارتفاع/عرض=α)، در معرض دو حرکت قوی زمین ۳۸

شکل ۳- ۲: ایجاد منحنی شکنندگی متناظر با خسارت ۶۰٪ ۴۲

شکل ۳- ۳: منحنی شکنندگی متناظر با خسارت ۶۰٪ ۴۲

شکل۴- ۱: تخت اتاق عمل و نمونه مدلسازی شده آن در نرم‌افزار *Solid Work* ۴۷

شکل۴- ۲: دستگاه بیهوشی و نمونه مدلسازی شده آن در نرم‌افزار *Solid Work* ۴۸

شکل۴- ۳: دستگاه کاتر و نمونه مدلسازی شده آن در نرم‌افزار *Solid Work* ۴۸

شکل۴- ۴: پمپ تزریق و نمونه مدلسازی شده آن در نرم‌افزار *Solid Work* ۴۸

شکل۴- ۵: مانیتور و نمونه مدلسازی شده آن در نرم‌افزار *Solid Work* ۴۹

شکل۴- ۶: دستگاه ساکشن و نمونه مدلسازی شده آن در نرم‌افزار *Solid Work* ۴۹

شکل۴- ۷: میز ترالی و نمونه مدلسازی شده آن در نرم‌افزار *Solid Work* ۴۹

شکل۴- ۸: قفسه و نمونه مدلسازی شده آن در نرم‌افزار *Solid Work* ۵۰

شکل۴- ۹: چرخهایی که قفل ندارند: از سمت راست به‌ترتیب دستگاه ساکشن، میز ترالی، دستگاه کاتر۵۱

شکل۴- ۱۰: چند نمونه از چرخهایی که قفل دارند تا از چرخش آنها جلوگیری شود ۵۱

شکل۴- ۱۱: نمایی از تجهیزات دراتاق عمل ۵۲

شکل۴- ۱۲: نمایی از تجهیزات مدلسازی شده در نرم‌افزار *Msc.VisualNastran Desktop* ۵۲

شکل۴- ۱۳: نمونه‌ای از ورودی‌ها و خروجی‌های نرم‌افزار ۵۵

شکل۴- ۱۴: مراحل اجرای برنامه تحت رکورد شماره ۵ (*PGA=0.6g*) ۵۷

شکل۴- ۱۵: مراحل اجرای برنامه تحت رکورد شماره ۱۰ (*PGA=1g*) ۵۸

شکل۴- ۱۶: مراحل اجرای برنامه تحت رکورد شماره ۲۰ (*PGA=1g*) ۵۹

شکل۴- ۱۷: تاریخچه زمانی تغییر مکان لغزشی تجهیزات تحت رکورد شماره ۱۰ (*PGA=1g*) ۶۰

شکل۴- ۱۸: منحنی شکنندگی لغزشی دستگاه ساکشن با آستانه حد خرابی ۱۰۰ و۲۰۰ میلیمتر ۶۶

شکل۴- ۱۹: منحنی شکنندگی لغزشی دستگاه کاتر با آستانه حد خرابی ۱۰۰ و۲۰۰ میلیمتر ۶۶

شکل۴- ۲۰: منحنی شکنندگی لغزشی میز ترالی با آستانه حد خرابی ۱۰۰ و۲۰۰ میلیمتر ۶۶

شکل۴- ۲۱: منحنی شکنندگی لغزشی قفسه با آستانه حد خرابی ۱۰۰ و۲۰۰ میلیمتر ۶۷

شکل۴- ۲۲: منحنی شکنندگی لغزشی پمپ تزریق با آستانه حد خرابی ۱۰۰ و۲۰۰ میلیمتر ۶۷

شکل۴- ۲۳: منحنی شکنندگی لغزشی مانیتور با آستانه حد خرابی ۱۰۰ و۲۰۰ میلیمتر ۶۷

شکل۴- ۲۴: منحنی شکنندگی لغزشی بیهوشی با آستانه حد خرابی ۱۰۰ و۲۰۰ میلیمتر ۶۸

شکل۴- ۲۵: منحنی شکنندگی لغزشی تخت با آستانه حد خرابی ۱۰۰ و۲۰۰ میلیمتر ۶۸

شکل۴- ۲۶: مقایسه منحنی‌های شکنندگی تجهیزات با μ=۰/۵ و آستانه حد خرابی ۱۰۰*mm* ۶۹

شکل۴- ۲۷: مقایسه منحنی‌های شکنندگی تجهیزات با μ=۰/۵ و آستانه حد خرابی ۲۰۰*mm* ۶۹

شکل۴- ۲۸: مقایسه منحنی‌های شکنندگی کلیه تجهیزات با آستانه حد خرابی ۱۰۰*mm* ۷۰

شکل۴- ۲۹: مقایسه منحنی‌های شکنندگی کلیه تجهیزات با آستانه حد خرابی ۲۰۰*mm* ۷۰

شکل۴- ۳۰: مقایسه منحنی‌های شکنندگی تجهیزات با μ=۰/۰۰۱ و آستانه حد خرابی ۱۰۰*mm* ۷۰

شکل۴- ۳۱: مقایسه منحنی‌های شکنندگی تجهیزات با μ=۰/۰۰۱ و آستانه حد خرابی ۲۰۰*mm* ۷۱

شکل۴- ۳۲: نمایی ار تجهیزات مدلسازی شده پس از اجرای برنامه ۷۲

شکل۴- ۳۳: منحنی شکنندگی واژگونی قفسه ۷۴

شکل۴- ۳۴: منحنی شکنندگی واژگونی دستگاه بیهوشی ۷۴

شکل۴- ۳۵: منحنی شکنندگی واژگونی دستگاه ساکشن ۷۴

شکل۴- ۳۶: منحنی شکنندگی واژگونی میز ترالی ۷۵

شکل۴- ۳۷: منحنی شکنندگی واژگونی پمپ تزریق ۷۵

شکل۴- ۳۸: منحنی شکنندگی واژگونی مانیتور ۷۵

شکل۴- ۳۹: منحنی شکنندگی واژگونی دستگاه کاتر ۷۶

شکل۴- ۴۰: منحنی شکنندگی واژگونی تخت اتاق عمل ۷۶

شکل۴- ۴۱: منحنی شکنندگی دستگاه ساکشن برای حالتیکه همراه با سایر تجهیزات روی میز لرزان مدل شده (A) وحالتیکه به تنهایی روی میز مدل شده است (B) با آستانه حد خرابی $۱۰۰mm$ ۷۹

شکل۴- ۴۲: منحنی شکنندگی دستگاه ساکشن برای حالتیکه همراه با سایر تجهیزات روی میز لرزان مدل شده (A) و حالتیکه به تنهایی روی میز مدل شده است (B) با آستانه حد خرابی $۲۰۰mm$ ۷۹

شکل۴- ۴۳: منحنی شکنندگی دستگاه کاتر برای حالتیکه همراه با سایر تجهیزات روی میز لرزان مدل شده (A) و حالتیکه به تنهایی روی میز مدل شده است (B) با آستانه حد خرابی $۱۰۰mm$ ۸۰

شکل۴- ۴۴: منحنی شکنندگی دستگاه کاتر برای حالتیکه همراه با سایر تجهیزات روی میز لرزان مدل شده (A) و حالتیکه به تنهایی روی میز مدل شده است (B) با آستانه حد خرابی $۲۰۰mm$ ۸۰

شکل۴- ۴۵: منحنی شکنندگی میز ترالی برای حالتیکه همراه با سایر تجهیزات روی میز لرزان مدل شده (A) و حالتیکه به تنهایی روی میز مدل شده است (B) با آستانه حد خرابی $۱۰۰mm$ ۸۱

شکل۴- ۴۶: منحنی شکنندگی میز ترالی برای حالتیکه همراه با سایر تجهیزات روی میز لرزان مدل شده (A) و حالتیکه به تنهایی روی میز مدل شده است (B) با آستانه حد خرابی $۲۰۰mm$ ۸۱

شکل۴- ۴۷: منحنی شکنندگی تخت برای حالتیکه همراه با سایر تجهیزات روی میز لرزان مدل شده (A) و حالتیکه به تنهایی روی میز مدل شده است (B) با آستانه حد خرابی mm۱۰۰ ..... ۸۲
شکل۴- ۴۸: منحنی شکنندگی تخت برای حالتیکه همراه با سایر تجهیزات روی میز لرزان مدل شده (A) و حالتیکه به تنهایی روی میز مدل شده است (B) با آستانه حد خرابی mm۲۰۰ ..... ۸۲
شکل۴- ۴۹: منحنی شکنندگی دستگاه ساکشن با در نظر گرفتن مولفه قائم زلزله (C) و بدون در نظر گرفتن مولفه قائم زلزله (D) با آستانه حد خرابی mm ۱۰۰ ..... ۸۴
شکل۴- ۵۰: منحنی شکنندگی دستگاه ساکشن با در نظر گرفتن مولفه قائم زلزله (C) و بدون در نظر گرفتن مولفه قائم زلزله (D) با آستانه حد خرابی mm ۲۰۰ ..... ۸۴
شکل۴- ۵۱: منحنی شکنندگی میز ترالی با در نظر گرفتن مولفه قائم زلزله (C) و بدون در نظر گرفتن مولفه قائم زلزله (D) با آستانه حد خرابی mm ۱۰۰ ..... ۸۵
شکل۴- ۵۲: منحنی شکنندگی میز ترالی با در نظر گرفتن مولفه قائم زلزله (C) و بدون در نظر گرفتن مولفه قائم زلزله (D) با آستانه حد خرابی mm ۲۰۰ ..... ۸۵
شکل۴- ۵۳: منحنی شکنندگی تخت با در نظر گرفتن مولفه قائم زلزله (C) و بدون در نظر گرفتن مولفه قائم زلزله (D) با آستانه حد خرابی mm ۱۰۰ ..... ۸۶
شکل۴- ۵۴: منحنی شکنندگی تخت با در نظر گرفتن مولفه قائم زلزله (C) و بدون در نظر گرفتن مولفه قائم زلزله (D) با آستانه حد خرابی mm ۲۰۰ ..... ۸۶
شکل۴- ۵۵: منحنی شکنندگی واژگونی قفسه با در نظر گرفتن مولفه قائم زلزله (C) و بدون در نظر گرفتن مولفه قائم زلزله (D) ۸۷
شکل۴- ۵۶: منحنی شکنندگی واژگونی دستگاه بیهوشی با در نظر گرفتن مولفه قائم زلزله (C) و بدون در نظر گرفتن مولفه قائم زلزله (D) ۸۷

فهرست جداول

جدول ۲- ۱: پارامترها و مشخصات انتخابی برای دو سیستم یک درجه آزادی مورد نظر ۱۲

جدول ۲- ۲: ارزیابی اعضا غیرسازه‌ای ۲۱

جدول ۴- ۱: رکوردهای انتخاب شده برای بررسی پاسخ تجهیزات ۵۶

جدول ۴- ۲: تعداد دفعات واژگونی تجهیزات ۷۲

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه

فاجعه عبارت است از یک رویداد یا حادثه‌ی معمولا ناگهانی و غیر مترقبه که اشیا، موجودات و مکان‌های تحت تاثیرش را به شدت تغییر می‌دهد و سبب از دست دادن سلامت و حیات در جمعیت محلی، آسیب شدید محیط و تخریب مواد و مصالح می‌گردد که نتیجه آن بر هم خوردن الگوی طبیعی زندگی است.

فاجعه سبب بروز تلفات مستقیم و غیر مستقیم می‌گردد. تخریب‌های فیزیکی ناشی از یک فاجعه جز تلفات مستقیم دسته بندی می‌شود و شامل تلفات انسانی، تخریب محیط، آسیب به ساختمان‌ها، زیربناها و فضاهای شهری می‌باشد [۱].

تلفات غیرمستقیم به طور کلی به اثرات اقتصادی و اجتماعی تقسیم می‌شوند. اثرات اجتماعی شامل اختلال در حمل و نقل، ارتباطات (رسانه‌ها) و سایر خدمات عمومی می‌باشد. در بسیاری از کشورهای توسعه یافته نظیر آمریکای لاتین و جزایر کارایب، سوانحی که ۲۰ تا ۳۰ ثانیه طول می‌کشند سبب هزاران مرگ و میر و صدها میلیون دلار آسیب می‌شوند. هزینه‌های اقتصادی غیر قابل محاسبه تلفات مستقیم و غیر مستقیم چنین حوادثی سبب افزایش فقر و رکود توسعه در سطح منطقه‌ای و یا ملی می‌شود [۲].

در سال‌های اخیر بسیاری از نشریات در بسیاری از زمینه‌ها به اثر بلایا بر فعالیت‌های بشری پرداخته‌اند. علی‌رغم تفاوت‌های ضمنی، اغلب این نشریات در مورد مؤلفه‌های اثر بلایا توافق دارند. اداره هماهنگی امداد بلایای سازمان ملل متحد (*OCHA*، که معمولا به عنوان *UNDRO* شناخته می‌شود) و سازمان علمی فرهنگی آموزشی سازمان ملل متحد (*UNESCO*) نشست بلایای طبیعی و

تخمین آسیب‌پذیری را برگزار کردند تا تعریف یکسانی که در سالهای اخیر به میزان زیادی پذیرفته شده باشد ارائه دهند.

گزارش این نشست تعاریف زیر را ارائه داد:

Hazard یا خطر عبارت است از احتمالی که یک رویداد بالقوه خطرناک در یک دوره زمانی فرضی در یک مکان فرضی رخ دهد.

Vulnerability یا آسیب‌پذیری عبارت است از سطحی از خسارت که یک المان یا گروهی از المان‌ها (افراد، ساختمان‌ها، کالاها، خدمات، ظرفیت اقتصادی یا اجتماعی) که در معرض خطرند، در اثر یک رویداد احتمالی حادثه‌ای خطرناک را تجربه می‌کنند. آسیب‌پذیری از مقیاس صفر (بدون آسیب) تا ۱ (خرابی کامل) تعریف می‌شود.

به منظور بیان ریاضی و مدل کردن و تعینی کردن خطرپذیری، محققین مختلف تعاریف و معانی مختلفی از آن ارائه داده‌اند که در موارد مختلف کاربرد دارد و همگی تقریبا در موضوعاتی مشترک می‌باشد. نمونه‌هایی از آنها عبارتند از:

۱. در تعریفی که از خطرپذیری لرزه‌ای توسط مؤسسه تحقیقاتی مهندسی زلزله *EERI* در سال ۱۹۸۴ [۳] ارائه شده است آمده است: "خطرپذیری لرزه‌ای عبارت است از احتمال اینکه تبعات اجتماعی و یا اقتصادی زلزله بیشتر یا مساوی میزان از قبل تعیین شده‌ای در یک یا چند محل و یا یک منطقه مشخص در طول زمان مشخص، بشود."

۲. کمیته‌ای در همایش *UNDRO* در جولای ۱۹۷۴ تشکیل شد که وظیفه آن شفاف کردن هدف‌ها و نیز یکسان کردن روش‌های بررسی آسیب‌پذیری و برآورد خطرپذیری، برای مهندسان و محققان بود. بر اساس پیشنهاد این کمیته، میزان کمی‌خطرپذیری را می‌توان به صورت حاصل‌ضرب میزان خطر در میزان آسیب‌پذیری در میزان واحد ارزش آسیب‌ها بیان کرد که رابطه ریاضی آن عبارت است از [۴]:

$$[R] = [H] \times [V] \times [SL] \qquad (۱-۱)$$

در تعریف دیگری که توسط برنامه استراتژی برای کاهش بلایای سازمان ملل ($ISDR$) انجام شده است، خطرپذیری عبارت است از احتمال تبعات ناخوشایند و یا آسیب‌های مورد انتظار (جان افراد، زخمی‌شدن افراد، هزینه زندگی، متوقف شدن فعالیت‌های اقتصادی و یا آسیب‌های زیست محیطی) که در اثر اندرکنش بین طبیعت و انسان به وجود می‌آید با توجه به میزان خطر، آسیب‌پذیری و ظرفیت برآورد می‌شود که توسط رابطه ساده شده‌ای برآورد شده است [۵].

$$Risk = f(H,V,C) = H \times V / C \qquad (۲-۱)$$

که در آن، خطر، H، احتمال به وجود آمدن تهدید مورد نظر می‌باشد و آسیب‌پذیری، V، درجه تاثیرپذیری اعضا در معرض منبع تهدید می‌باشد و ظرفیت، C، به پتانسیل انتقال و ظرفیت مدیریتی و عملکردی برای کاهش و جلوگیری از گسترش خطر و آسیب‌پذیری اطلاق شده است.

به طور کلی تجهیزات و عملکرد آنها پس از زلزله دامنه متنوعی دارد. اینکه از چه جنبه‌ای به بحث آسیب و عملکرد تجهیزات تگاه می‌شود می‌توان تعابیر مختلفی نسبت به تعریف عملکرد این تجهیزات داشت. از یک طرف در صورت تخریب المان‌های غیرسازه‌ای و تجهیزات داخل ساختمان ممکن است جان افراد ساکن را به خطر بیاندازد و از طرف دیگر عدم کارکرد برخی از تجهیزات در مکان‌های خاص ممکن است عمق فاجعه رخ داده مثل زلزله را بیشتر نماید. وقایع گذشته نظیر زلزله و سایر بلایای طبیعی نشان داده‌اند که تجهیزات و المان‌های غیرسازه‌ای اعم از اینکه داخل ساختمان‌ها قرار داشته باشند یا در فضای باز نصب شده باشند، در چنین حوادثی بسیار آسیب‌پذیرند و اغلب ظرفیت پاسخ مناسب در چنین شرایطی را ندارند.

با توجه به نقش حیاتی تجهیزات در مراکز مختلف و به عنوان اجزای شریانهای حیاتی، در احیا جوامع پس از زلزله، فاکتورهای بسیاری باید در طراحی، استقرار ، نصب و نگهداری و عملکرد آن در نظر گرفته شوند. در گذشته عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌ها بیشتر مدنظر مهندسان بود اما امروزه بررسی عملکرد لرزه‌ای تجهیزات نیز بسیار مورد توجه قرار گرفته و کارهای تحقیقاتی بسیاری نیز در این

رابطه انجام شده است. نکته بسیار مهم در رابطه با بررسی تجهیزات داخل ساختمانی، داشتن این ملاحظه است که اصولا عملکرد سازه تاثیر بسیاری در عملکرد تجهیرات داخل آن داشته و این دو مقوله‌های جدا از هم نیستند و بررسی تجهیزات تنها زمانی معنا دارد که المان‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای داخل ساختمان وظایف خود را به درستی انجام دهند.

۱-۲- ضرورت انجام تحقیق

یک ساختمان ممکن است پس از زلزله ایستایی سازه‌ای خود را حفظ کند، ولی به خاطر آسیب‌های غیرسازه‌ای از خدمت رسانی باز بماند. در ارزیابی آسیب‌پذیری غیرسازه‌ای سعی بر آن است تا آسیبی را مشخص نمود که این عناصر و اجزا ممکن است تحت تاثیر زلزله‌های با شدت‌های مورد نظر که در طول حیات یک ساختمان یا مراکزی که این اعضا و عناصر در آن قرار گرفته‌اند، روی می‌دهد، متحمل گردند. این کار زمانی اهمیت پیدا می‌کند که خسارت ناشی از تخریب تجهیزات به مراتب بیشتر از خسارت وارد به سازه‌ای که این تجهیزات در آن قرار گرفته‌اند باشد. این خسارت می‌تواند شامل جان انسان‌ها، خسارت ناشی از اختلال در عملکرد مراکز مهم مثل بیمارستان‌ها و یا احتمال وقوع خطرات ثانویه مثل آزاد شدن مواد خطرناک در نیروگاه‌های صنعتی باشد. در مواردی نیز ارزش تجهیرات و یا محتویات به نسبت ارزش ساختمان بالاتر است که در این موارد نیز حفظ تجهیزات اهمیت ویژه‌ای دارد به طور مثال ارزش محتویات موزه‌ها و مراکز نگهداری اسناد ملی و اجزا غیرسازه‌ای در بیمارستان‌ها به میزان قابل توجهی بالاتر از هزینه اجزا سازه‌ای می‌باشد. در بیمارستان‌ها بیش از ۸۰٪ ارزش کلی ساختمان مربوط به مسائل معماری، سیستم‌های الکتریکی و مکانیکی و تجهیزات پزشکی است.

یک زمین لرزه با بزرگی بالا می‌تواند تجهیزات بسیار مهم و حیاتی ساختمان‌ها و مراکز مهم فوق‌الذکر را از کار انداخته یا آنها را نابود سازد. این تجهیزات معمولا به طور مستقیم به خدمت رسانی ساختمان مربوط می‌شوند و ممکن است ارتباط قابل توجهی با مؤلفه‌ها و اجزای سازه‌ای داشته و یا