بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه شمال

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

عنوان پایان نامه:

مقایسه و ارزیابی لرزه ای کمی و کیفی بیمارستان ها و ارائه طرح بهسازی آن
(مطالعه موردی بیمارستانهای غرب و شرق استان مازندران)

استاد راهنما:

دکتر علیرضا میرزاگل تبار

استاد مشاور:

دکتر جواد واثقی

مولف :

سید صمد هاشمی دیوکلایی

تابستان ۱۳۸۹

تقدیم به پدر و مادر

و

همسر عزیزم

تقدیر و تشکر

قبل از هر چیز خدای متعال را جهت فراهم نمودن این موقعیت علمی و به اتمام رساندن این پایان نامه سپاسگزارم و بر خود لازم می دانم تا از همکاری و راهنمائی های ارزنده ی استاد ارجمند جناب آقای دکتر علیرضا میرزاگل تبار و همچنین از استاد گرامی جناب آقای دکتر جواد واثقی که با مشاوره های خویش باعث به ثمر رسیدن این مجموعه گردیدند کمال تشکر و قدردانی را بنمایم و آرزوی توفیق روزافزون این عزیزان را در تمامی عرصه های علم و زندگی از خداوند متعال مسئلت دارم.

همچنین از همکاری صمیمانه و دلسوزانه ی کلیه عزیزانی که در دانشگاه شمال آمل بنده را در این دوره ی تحصیلی مورد لطف خود قرار داده اند صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم.

چکیده

پس از وقوع زلزله ها معمولا به ساختمان ها و تاسیسات، خساراتی وارد می شود، اما بعضی از ساختمان ها باید در کلیه شرایط علی الخصوص پس از وقوع زلزله قابلیت استفاده داشته باشند. بیمارستان‌ها، جزء ساختمان‌های مهم و حیاتی بوده و با توجه به این که بلافاصله بعد از وقوع زلزله باید به عنوان یکی از مراکز امدادرسانی قابل استفاده باشند، بنابراین ارزیابی لرزه ای بیمارستان های موجود امری ضروری است. با عنایت به این که استان مازندران در منطقه با خطر لرزه خیزی زیاد قرار دارد، لزوم توجه به عملکرد ساختمان دوچندان می شود.

در این تحقیق دو بیمارستان از غرب و شرق استان مازندران انتخاب شدند و ارزیابی لرزه ای آن ها به روش استاتیکی غیرخطی(پوش آور) و همچنین روش آریا و آریای اصلاح شده انجام شد که روش اول جز روش های کمی و دو روش دیگر جز روش کیفی هستند. در روش کیفی از پرسشنامه های مربوطه و مطالعات میدانی استفاده شد ولی در روش استاتیکی غیرخطی، ابتدا اطلاعات فنی و نقشه های آن جمع‌آوری و مدل مربوطه در نرم افزار SAP2000 تهیه شد و پس از اعمال بارگذاری و اختصاص مفاصل پلاستیک به اعضا، ارزیابی انجام شد.

نتایج تحلیل حاکی از آن است که بیمارستان تامین اجتماعی بهشهر که در سال ۱۳۷۵ طراحی شده در سطح عملکرد ایمنی جانی قرار دارد که حاکی از عدم کفایت لرزه ای آن بوده و نیاز به بهسازی و مقاوم سازی دارد. لازم به ذکر است نتایج ارزیابی کیفی نیز موید این مطلب است. ولی بیمارستان چالوس که در سالهای اخیر طراحی شده، در سطح عملکرد استفاده بلاوقفه قرار دارد و نیاز به تقویت ندارد. هرچند به قطعیت نمی توان گفت ولی نتایج این تحقیق نشان می دهد بیمارستان هایی که در سال های اخیر طراحی شده اند سطح عملکرد مورد نظر را اقناع می کنند ولی بیمارستان هایی که در سال های دورتر طراحی شده اند نیاز به مقاوم سازی دارند که بررسی دقیق آن نیازمند مطالعات جزئیاتی و موردی بر روی هر بیمارستان است.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات

۱-۱-مقدمه ۲

۱-۲- تاریخچه ۴

1-3- هدف ۹

1-4- روش انجام تحقیق ۹

1-5- ساختار پایان‌نامه ۱۰

فصل دوم: ادبیات فنی

2-1- مقدمه ۱۲

2-2- روش های کمی ۱۲

2-2-1- مقدمه ۱۲

2-2-2- سطوح عملکردی ۱۴

2-2-2-1- سطوح عملکرد اجزای سازه‌ای ۱۵

2-2-2-2- سطح عملکرد اجزای غیر سازه‌ای ۱۵

2-2-2-3- سطوح عملکرد ساختمان ۱۵

2-2-3- حرکات لرزه‌ای زمین و تحلیل خطر زلزله و طیف طراحی آن ۱۷

2-2-4-2- بهسازی مطلوب ۱۹

2-2-4-3- بهسازی ویژه ۱۹

2-2-4-4- بهسازی محدود ۱۹

2-2-5- اختصاص اهداف عملکرد ۱۹

2-2-5-1- اهداف عملکرد اولیه ۱۹

2-2-5-2- هدف عملکرد نهایی ۲۰

2-2-6- روش های مجاز تحلیل سازه ها ۲۰

2-2-6-1-روش تحلیل خطی (LSP) ۲۰

2-2-6-2 روش تحلیل دینامیکی خطی (LDP) ۲۰

2-2-6-3-روش استاتیکی غیر خطی(NSP) ۲۱

2-2-6-4- آنالیز دینامیکی غیر خطی(NDP) ۲۲

2-3- روشهای ارزیابی کیفی ۲۲

2-3-1- مقدمه ۲۲

2-3-1-1-ورودی ها ۲۳
2-3-1-2- روش ها ۲۳
2-3-1-3-خروجی ۲۳
2-3-1-4-بررسی روش ها ۲۴
2-3-2- روش های مختلف ارزیابی کیفی ۲۵
2-3-2-1-روش ارزیابی کیفی (ATC) ۲۵
2-3-2-1-1- شناخت سیستم سازه‌ای ۲۵
2-3-2-1-2- ارتفاع یا تعداد طبقات ساختمان ۲۵
2-3-2-1-3- تعداد افراد ساکن ۲۵
2-3-2-1-4- نوع استفاده از ساختمان ۲۵
2-3-2-1-5- نامنظمی در پلان ۲۵
2-3-2-1-6- پیچش ۲۶
2-3-2-1-7- نامنظمی در ارتفاع ۲۶
2-3-2-1-8- ضربه ساختمانهای مجاور ۲۶
2-3-2-1-9- طبقه نرم ۲۶
2-3-2-1-10- ستونهای کوتاه ۲۶
2-3-2-1-11- وضعیت نامطلوب سازه ۲۷
2-3-2-1-12- زمان ساخت ساختمان ۲۷
2-3-2-1-13- نوع خاک ۲۷
2-3-2-2- روش ازیابی کیفی FEMA ۲۸
2-3-2-3- روش ارزیابی کیفی ونزوئلا ۲۸
2-3-2-4-روش ارزیابی سبا ۲۹
2-3-2-5-روش ارزیابی کیفی کمیته مشترک کشورهای بالکان ۳۰
2-3-2-6-روش ارزیابی کیفی آریا ۳۰

فصل سوم: مدل سازی و روش های مورد استفاده

3-1-روش ارزیابی کمی ۳۲
3-1-1- روش ضرایب ۳۶
۳-1-2- اصول کلی روش تحلیل طیف ظرفیت ۳۶
3-2- روش ارزیابی کیفی ۳۸

3-2-1- ارزیابی کیفی به روش آریا ۳۸
3-2-2-روش ارزیابی آریای تکمیل شده ۴۱

فصل چهارم: نتایج مطالعه موردی

۴-۱-معرفی سیستمهای مورد مطالعه و طراحی آنها ۴۶
۴-۲- آنالیزهای استاتیکی غیرخطی ۴۶
۴-۲-۱- مدل سازی ۴۶
۴-۲-۱-۱- بارگذاری ثقلی ۴۶
۴-۲-۱-۲- بارگذاری جانبی ۴۶
۴-۲-۱-۲-۱- بارگذاری (Elf) ۴۶
۴-۲-۱-۲-۲-بارگذاری (Uniform) ۴۷
۴-۲-۱-۳- تعریف مفاصل پلاستیک ۴۷
۴-۱-۱-۳-۱- مفاصل پلاستیک تیرها ۴۷
۴-۱-۱-۳-۲- مفاصل پلاستیک ستونها ۴۷
۴-۳- بیمارستان تامین اجتماعی بهشهر ۴۸
۴-۳-۱- بلوک B ۴۸
4-3-1—1- نتایج آنالیزهای استاتیکی غیرخطی ۵۳
4-3-1—1- 1- منحنی ظرفیت سازه ۵۴
4-3-1- 1- 2-نقاط عملکرد سازه ۵۹
4-3-1—1- 3-مقایسه نتایج سازه بر حسب نوع بارگذاری جانبی ۶۰
4-3-2- بلوک A ۶۳
۴-۳-۲-۱- نتایج آنالیزهای استاتیکی غیرخطی ۶۷
۴-۳-۲-۱- ۱- منحنی ظرفیت سازه ۶۸
۴-۳-۲-۱- ۲-نقاط عملکرد سازه ۷۲
۴-۳-۲-۱- ۳-مقایسه نتایج سازه بر حسب نوع بارگذاری جانبی ۷۵
۴-۳-۲-۲- نتایج ارزیابی کیفی ساختمان ۷۸
۴-۴- بیمارستان ۱۶۰ تختخوابی چالوس ۸۱
۴-۴-۱- نتایج آنالیزهای استاتیکی غیرخطی ۸۶
۴-۴-۱-۱- منحنی ظرفیت سازه ۸۶
۴-۴-۱-۲- نقاط عملکرد سازه ۹۱

۴-۴-۱-۳-مقایسه نتایج سازه بر حسب نوع بارگذاری جانبی..... ۹۳

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱- نتیجه گیری..... ۹۵
۵-۲- پیشنهادات..... ۹۵

فهرست اشکال

شکل۲-۱- سطح عملکرد مختلف و شاخص خرابی ۱۴
شکل ۲-۲- اهداف عملکردی معرفی شده در آئین‌نامه (FEMA) ۱۸
شکل ۲-۳- نمونه از اهداف طراحی (توصیه شده توسط مرجع SEAOC) ۱۹
شکل۳-۱- تحلیل پوش‌آور به روش استاتیکی ۳۲
شکل۳-۲- تعیین مقدار k ۳۳
شکل۳-۳- نحوه بدست آوردن منحنی ظرفیت ۳۵
شکل ۳-۴- منحنی ظرفیت نهایی سازه ۳۵
شکل۳-۵- منحنی ساده شده نیرو-تغییرمکان ۳۶
شکل ۳-۶- اصول کلی روش طیف ظرفیت ۳۷
شکل ۴-۱- پلان بیمارستان تامین اجتماعی بهشهر ۴۸
شکل ۴-۲۶- پلان ستون گذاری ۴۹
شکل ۴-۲۷- پلان تیر ریزی طبقه اول ۵۰
شکل ۴-۲۸- پلان تیرریزی نیم طبقه تاسیساتی ۵۱
شکل ۴-۲۹- پلان تیرریزی طبقه بام ۵۲
شکل ۴-۳۰- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۱ ..... ۵۴
شکل ۴-۳۱- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۲ ..... ۵۴
شکل ۴-۳۲- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۱ ..... ۵۵
شکل ۴-۳۳- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۲ ..... ۵۵
شکل ۴-۳۴- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی ۱ ..... ۵۶
شکل ۴-۳۵- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی ۲ ..... ۵۶
شکل ۴-۳۶- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت x به علاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی ۲ ..... ۵۷
شکل ۴-۳۷- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت x به علاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی ۱ ..... ۵۷
شکل ۴-۳۸- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت x به علاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی ۲ ..... ۵۸
شکل ۴-۳۹- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت y به علاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۱ ..... ۵۸
شکل ۴-۴۰- تعیین تغییر مکان در نقطه عملکرد سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت مثبت y منهای ۳۰٪ تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۱ ..... ۵۹
شکل ۴-۴۱- تعیین تغییر مکان در نقطه عملکرد سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت منفی y مهنای ۳۰٪ تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۱ ..... ۶۰

شکل ۴-۴۲- تعیین تغییر مکان در نقطه عملکرد سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت منفی x منهای ۳۰٪ تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی ۲ ..... ۶۰
شکل ۴-۴۳- مقایسه طیف ظرفیت در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۱ در الگوی بارگذاری Uniform و ELF ۶۱
شکل ۴-۴۴- مقایسه طیف ظرفیت در جهت مثبت x منهای ۳۰٪ تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی ۱ در الگوی بارگذاری Uniform و ELF ۶۱
شکل ۴-۴۵-مقایسه طیف ظرفیت در جهت مثبت x به علاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی ۱ در الگوی بارگذاری Uniform و ELF ۶۲
شکل ۴-۴۶- مقایسه طیف ظرفیت در جهت مثبت x به علاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی ۲ در الگوی بارگذاری Uniform و ELF ۶۲
شکل ۴-۲- پلان ستون گذاری ۶۳
شکل ۴-۳- پلان تیر ریزی ۶۴
شکل ۴-۴- پلان تیرریزی نیم طبقه تاسیساتی ۶۵
شکل ۴-۵- پلان تیرریزی طبقه بام ۶۶
شکل ۴-۶- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۱ ..... ۶۸
شکل ۴-۷- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۲ ..... ۶۸
شکل ۴-۸- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۱ ..... ۶۹
شکل ۴-۹- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۲ ..... ۶۹
شکل ۴-۱۰- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی ۱ ..... ۷۰
شکل ۴-۱۱- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی ۲ ..... ۷۰
شکل ۴-۱۲- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت x به علاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی ۲ ..... ۷۱
شکل ۴-۱۳- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت x به علاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی ۱ ..... ۷۱
شکل ۴-۱۴- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت x به علاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی ۲ ..... ۷۲
شکل ۴-۱۵- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت y به علاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۱ ..... ۷۲
شکل ۴-۱۶- تعیین تغییر مکان در نقطه عملکرد سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت مثبت y به علاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۱ ..... ۷۳
شکل ۴-۱۷- تعیین تغییر مکان در نقطه عملکرد سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت مثبت y به علاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۱ ..... ۷۳
شکل ۴-۱۸- تعیین تغییر مکان در نقطه عملکرد سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت منفی x منهای ۳۰٪ تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی ۱ ..... ۷۴

شکل ۴-۱۹- تعیین تغییر مکان در نقطه عملکرد سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت منفی y منهای ۳۰٪ تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۱ ..... ۷۴
شکل ۴-۳۸- تعیین تغییر مکان در نقطه عملکرد سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت منفی x منهای ۳۰٪ تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی ۲ ..... ۷۵
شکل ۴-۲۱- مقایسه طیف ظرفیت در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۱ در الگوی بارگذاری Uniform و ELF ۷۶
شکل ۴-۲۲- مقایسه طیف ظرفیت در جهت مثبت x منهای ۳۰٪ تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی ۱ در الگوی بارگذاری Uniform و ELF ۷۶
شکل ۴-۲۳-مقایسه طیف ظرفیت در جهت مثبت x به علاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی ۱ در الگوی بارگذاری Uniform و ELF ۷۷
شکل ۴-۲۴- مقایسه طیف ظرفیت در جهت مثبت x به علاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی ۲ در الگوی بارگذاری Uniform و ELF ۷۷
شکل ۴-۲۵-مقایسه طیف ظرفیت در جهت مثبت y به علاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۲ در الگوی بارگذاری Uniform و ELF ۷۸
شکل ۴-۴۷- پلان ستون گذاری ۸۲
شکل ۴-۴۸- پلان تیر ریزی طبقه اول ۸۳
شکل ۴-۴۹- پلان تیر ریزی طبقه دوم ۸۳
شکل ۴-۵۰- پلان تیر ریزی طبقه سوم ۸۴
شکل ۴-۵۱- پلان تیر ریزی طبقه چهارم ۸۴
شکل ۴-۵۲- پلان تیر ریزی طبقه پنجم ۸۵
شکل ۴-۵۳- پلان تیرریزی طبقه بام ۸۵
شکل ۴-۵۴- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۱ ..... ۸۷
شکل ۴-۵۵- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۲ ..... ۸۷
شکل ۴-۵۶- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۲ ..... ۸۸
شکل ۴-۵۷- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت x به علاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی ۲ ..... ۸۸
شکل ۴-۵۸- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت x به علاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی ۲ ..... ۸۹
شکل ۴-۵۹- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت x به علاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی ۸۹
شکل ۴-۶۰- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت y به علاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۲ ..... ۹۰
شکل ۴-۶۱- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت y به علاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۲ ..... ۹۰

شکل ۴-۶۲- تعیین تغییر مکان در نقطه عملکرد سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت مثبت y به عـلاوه ۳۰٪ تغییرمکـان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۱ ..... ۹۱
شکل ۴-۶۳- تعیین تغییر مکان در نقطه عملکرد سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت مثبت x به عـلاوه ۳۰٪ تغییرمکـان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 2 ..... ۹۱
شکل ۴-۶۴- تعیین تغییر مکان در نقطه عملکرد سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت منفی y منهای ۳۰٪ تغییرمکـان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 2 ..... ۹۲
شکل ۴-۶۵- تعیین تغییر مکان در نقطه عملکرد سازه تحت الگوی بارگـذاری Uniform در جهـت منفـی x بـه عـلاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 2 ..... ۹۲
شکل ۴-۶۶- مقایسه طیف ظرفیت در جهت مثبت y به علاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۱ در الگوی بارگذاری Uniform و ELF ۹۳
شکل ۴-۶۷- مقایسه طیف ظرفیت در جهت مثبت y به علاوه ۳۰٪ تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی ۲ در الگوی بارگذاری Uniform و ELF ۹۳

فصل اول

کلیات

۱-۱-مقدمه

با مطالعه سابقه لرزه خیزی کشورمشخص می شود که اکثر مناطق آن همواره در معرض خطرات ناشی از زلزله‌های مخرب قرار داشته و در نتیجه تلفات و خسارت سنگین و غیر قابل جبرانی را در اثر آن تجربه کرده است. وقوع زلزله های طبس(۱۳۵۷)،منجیل(۱۳۶۹) و اردبیل (۱۳۷۵) و بم (۱۳۸۲) در سال‌های اخیر، شاهد این مدعا می باشد. جدای از تلفات انسانی وارده در اثر زمین لرزه، خسارت اقتصادی آن نیز قابل توجه می باشد. در نتیجه امروز بحث پیشگری و کاهش خطرات زلزله و ابداع روش هایی جهت بررسی آسیب پذیری سازه‌ها، شکل جدی‌تری به خود گرفته است.

بررسی آسیب پذیری ساختمانها به دو دسته کیفی و کمی تقسیم‌بندی می‌شود. در روش کیفی که یک روش تقریبی است با توجه به شرایط لرزه خیزی منطقه و تجربه زلز له های گذشته و قضاوت مهندسی، اقدام به تهیه فرم های ویژه‌ای می‌شود که با بازرسی ساختمانها، اطلاعات مورد نیاز جمع‌آوری گردیده و با تجزیه و تحلیل آنها یک برآورد تقریبی از میزان آسیب‌پذیری ساختمان ها به دست می‌آید. در صورتی که روشهای کمی با تعیین عدد مشخصی به عنوان شاخص خسارت، به ارائه یک مدل ریاضی از خسارت به صورت تابعی از مقاومت سازه، شکل پذیری، شدت زلزله و سایر پارامترهای موثر، می پردازد.

آنچه از یک زمین لرزه بر جای می ماند تنها خساراتی است که به اشکال مختلف خود را نشان می دهد و لذا مطالعه این خسارات بهترین روشی است که به وسیله آن می توان تاثیر زمین لرزه بر جامعه را از جهات گوناگون مورد بررسی قرار داد. منطقه زلزله زده، آزمایشگاه بزرگی در مقیاس واقعی است که انواع خسارات وارده به ساختمان ها را به نمایش می گذارد و میزان درستی و دقت آیین‌نامه‌های مختلف، کیفیت مصالح، کیفیت اجرا و سایر نکات مربوط به ساخت و ساز را مشخص می کند[1].

پس از وقوع زلزله های مختلف شاهد خسارات زیادی به ساختمان ها بوده ایم که خود حاکی از مناسب نبودن ساختمان ها است. از عوامل اصلی این موضوع می توان به طراحی اشتباه و اجرای نادرست اشاره کرد. ولی ایحاد خرابی ها در بعضی از ساختمان هایی که فاقد اشکالات فوق الذکر بود، موجب شد تا در مورد کفایت آیین نامه های مورد استفاده که بر مبنای مقاومت اعضا بودند، شبهاتی ایجاد شود. با بررسی آیین‌نامه‌های طراحی گذشته ایراداتی در آن ها مشاهده شده که موجب مطرح شدن بحث عملکرد ساختمان شد. به همین دلیل جهت حل مشکل در ساختمان های موجود بحث ارزیابی لرزه ای ساختمان ها مورد توجه محققین قرار گرفت.

لازم به ذکر است که بین طراحی یک ساختمان جدید الاحداث و ارزیابی لرزه ای یک ساختمان موجود تفاوت وجود دارد که توجه به این مهم از اهمیت خاصی برخوردار است. در طراحی ، تمام سعی بر این است که ساختمانی طرح شود که بتواند در مقابل نیروهای وارده (ثقلی و جانبی) با سطح ایمنی مناسب مقاومت کند. برای این منظور مدل سازه ای مناسب ساختمانی ، بارهای اعمالی و مقاطع مورد نیاز المان های سازه‌ای

بر حسب مصالح انتخابی تعیین می شود. متداول است که برای نادیده گرفتن اثرات منفی پارامتر های مختلف طراحی از جمله بارها و مقاومت مصالح ، طراحی را کمی محافظه کارانه تر انجام دهند. بدین ترتیب مقاومت مصالح مصرفی در یک ضریب کاهنده ضرب شده و بارهای وارده به دلیل عدم قطعیت موجود معمولا افزایش داده می شوند. هر دوی این موارد با لحاظ کردن بهینه سازی و اقتصادی‌تر کردن طرح صورت می گیرد. معمولا انتخاب این ضرایب طوری انجام می شود که ریسک خطر در سطح پایینی حفظ گردد. مثلا در طرح ساختمان احتمال این که سازه به ظرفیت نهایی خود در طول یک سال برسد، حدود یک صدم درصد است. در مهندسی زلزله زمانی که یک ریسک بالای خطر پذیرفته می شود، طراحی از اهمیت بیشتری برخوردار خواهد بود که در این حالت شاید بتوان احتمال رسیدن به ظرفیت نهایی را تا حدود ۱ تا ۳ درصد افزایش داد. ولی در ارزیابی لرزه ای هدف تعیین چگونگی پاسخ یک ساختمان موجود در برابر نیروهای وارده است که در این رابطه تحلیل سازه یک ساختمان شامل المانهای سازه ای ، مصالح و بارهای مرده موجود مبنای محاسبه خواهد بود. البته در اینجا لازم نیست که یک مدل محافظه کارانه انتخاب گردد و مفروضات در جهت اطمینان روی خواص مصالح در نظر گرفته شود. بلکه بایستی خواص واقعی مصالح و بارهای واقعی بدون ضریب ایمنی منظور گردد. همچنین مدل انتخابی تا حد امکان باید به واقعیت المان های سازه ای که بار های وارده را حل می کنند ، نزدیک باشد.

هدف اصلی در ارزیابی لرزه‌ای، کاهش خطرهای جانبی و حفظ سرمایه‌های مادی است. یکی از گام‌های اساسی در کاهش خطر زلزله، تعیین آسیب‌پذیری ساختمان ها و شناخت نقاط ضعف آنها در برابر بارهای وارده است که بر پایه این شناخت می‌توان در مورد ساختمان ها از لحاظ مواجهه با زلزله تصمیم‌گیری کرد. اهمیت سازه های ویژه به حدی است که برای هرکدام از آن ها دستورالعمل هایی وجود دارد. به عنوان مثال می توان به دستورالعمل های FEMA395 [۲] برای مدارس، FEMA396 [۳] برای بیمارستان ها، FEMA397 [۴] برای ساختمان های اداری، FEMA400 [۵] برای هتل ها و متل ها و غیره را نام برد. ساختمان های امدادرسانی نظیر بیمارستان ها چون به لحاظ ساختاری یکی از شریان های حیاتی در هنگام وقوع زلزله محسوب می شوند بنابراین بحث ارزیابی لرزه ای و بهسازی آنها از اهمیت بالای برخوردار است. در ادامه موارد اهمیت ارزیابی این ساختمانها به اختصار شرح داده می شود:

- ساکنین این نوع ساختمان ها عموماً افرادی هستند که در برابر پدیده ای مانند زلزله کاملاً بدون دفاع بوده و قابلیت حرکت، جابجایی و عکس العمل سریع در قبال وقوع احتمالی آن را ندارند.

- ساختمانهای بیمارستانی پس از وقوع زلزله در امدادرسانی کوتاه مدت و بلند مدت اهمیت به سزایی دارند. بطوری که در صورت آسیب دیدن و غیر قابل استفاده شدن این ساختمانها ممکن است تلفات ناشی از آن بیش از تلفات ایجاد شده به هنگام وقوع زلزله باشد.

- این ساختمانها غالباً جمعیت زیادی را شامل بیماران، همراهان بیمار، پزشکان و پرستاران در خود جای می دهند.

- دستگاههای پزشکی موجود در این نوع ساختمانها بعضاً حاوی مایعات و گازهای خطرناک می باشند.

- ساختمانهای بیمارستانهای موجود غالباً براساس آیین‌نامه‌های قدیمی طراحی شده‌اند و اکثراً الزامات آیین‌نامه‌های جدید طرح لرزه‌ای را تامین نمی‌کنند. همچنین وضعیت طرح و اجرای بسیاری از آنها مبهم و گاهی نامطلوب است، از این رو ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای آنها ضروری می‌نماید.

۱-۲- تاریخچه

قدیمی‌ترین فعالیت‌ها در این زمینه به دهه هفتاد میلادی برمی‌گردد؛ زمانیکه مدل‌های غیرخطی جهت شناسایی رفتار ساختمانها پیشنهاد شد. اولین محققی که در این زمینه روشی برای برآورد خسارات لرزه‌ای ارائه داد ویتمن در سال 1972 بوده است. در این روش حرکات زمین با مقیاس مرکالی اصلاح شده و خسارت زمین‌لرزه با نسبت هزینه تعمیرات به هزینه ساخت مجدد ساختمان (نسبت خسارت) بیان می‌گردد. کالور و همکارانش در سال 1975 جزو اولین کسانی بودند که روشهای منظمی برای ارزیابی مقاومت لرزه‌ای و میزان آسیب‌پذیری ساختمانها (روش ارزیابی در محل) ارائه کردند. این روش برای همه انواع ساختمانها قابل استفاده است و به عواملی مانند نوع عناصر مقاوم در برابر زلزله؛ تقارن این عناصر در سازه؛ تعداد عناصر مقاوم؛ وضعیت فعلی عناصر مقاوم، صلبیت اتصالات سازه؛ بارهای بین سازه‌ای؛ وجود یا عدم وجود کلاف یا بست‌های سازه‌ای و تغییرات احتمالی این پارامترها بستگی دارد.

در سال 1974 ویگین روشی بر مبنای نوع سیستم قاب‌بندی، دیوار باربر، دیافراگم کف، مهاربندی، تیغه‌بندی داخلی، وضعیت فیزیکی سازه و خطرات خاص احتمالی ارائه کرد. .پس از واقعه مصیبت بار زلزله رودبار- منجیل (سال 1369) با تلاش بیشتری به تحلیل لرزه‌خیزی ایران و بحث ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمانها و بررسی روشهای مقاوم‌سازی در برابر زلزله پرداخته شد. مخصوصاً در مراکز تحقیقاتی از جمله مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن؛ پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله و مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی بر روی موضوع ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمانها و بررسی روشهای مقاوم‌سازی آنها تحقیقاتی صورت گرفت. در این مورد می‌توان به تهیه شناسنامه فنی ساختمانها در مرکز مقابله با سوانح طبیعی ایران اشاره کرد که در راستای ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمانها و روشهای مقاوم‌سازی آنها صورت گرفته است. شکیب و همکارانش در تحقیقی آسیب‌پذیری ساختمانهای متعارف در کشور را بررسی کرده است. ساختمانهای مورد بررسی عبارت بودند از چهارگونه: فولادی، بتنی، بنای غیرمسلح و مختلط که درصد قابل توجهی از ساختمانهای کشور را تشکیل می‌دهند. در این مطالعه با استفاده از بازدیدهای عینی از شش منطقه مختلف کشور و تکمیل فرمهای تفصیلی شناسنامه فنی ساختمان‌ها و همچنین با ارزیابی عملکرد ساختمانهای متعارف در زلزله‌های اخیر، میزان آسیب‌پذیری برای چهارگونه ساختمانی متعارف ارائه گردیده

است.

کاباناس و بنیتو در سال ۱۹۹۷، در مقاله‌ای از حرکات زمین به عنوان پتانسیل آسیب یاد می‌کنند و با تخمین پارامترهای مرتبط با آسیب که در رابطه با انرژی حرکت زمین بیان می‌شود؛ ارزیابی بهتری از احتمال خطر لرزه‌ای ارائه می‌دهند. از جدیدترین روشهایی که امروزه مطالعات روی آنها در حال انجام شدن است، استفاده از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی خسارت‌پذیری است[۷].

چوبرا و آتر و آلی (۲۰۰۰) عملکرد لرزه ای یک ساختمان بتنی کوتاه را بر حسب تغییر شکل نسبی میزان خسارت آن به همراه منحنی های عملکرد بدست آمده از تحلیل پوش آور غیرخطی ارزیابی کرده و انواع روش های بهسازی لرزه ای را مورد ارزیابی قرار دادند. طرح بهسازی شامل افزایش مقاومت، شکل پذیری، سختی و یا ترکیبی از آن ها بود. نتایج آن ها نشان می دهد که افزایش مقاومت ستون های بتنی موثرترین روش بهسازی برای کاهش تغییرشکل نسبی و خسارات است. همچنین افزایش شکل پذیری با تغییر شکل نسبی بالا و پتانسیل سطح خسارت پایین همراه است. وقتی فقط سختی ستون افزایش می یابد، باعث می شود با اعمال نیروی لرزه ای بزرگ تر، باعث وارد شدن خسارت به ستون می شود، چون در این حالت انرژی بیشتری جذب می کند. از نظر آن ها به دلیل مقادیر کوچکتر تغییرشکل نسبی طبقه، شاخص خسارت و عملکرد بهتر در تحلیل پوش آور غیرخطی افزایش سختی (یا سختی به همراه مقاومت)، بهترین روش بهسازی برای ساختمان های کوتاه است[۸].

ارول کالکان و ساشی کوناس(۲۰۰۶) در مقاله ای به بررسی تعدادی از روش های استاتیکی غیر خطی که شامل الگوی بار جانبی FEMA356، آنالیز پوش آور اصلاح شده(MMPA)، و آنالیز پوش کران بالا(UBPA) و روش ترکیب مودال سازگار(AMC) بودند، پرداخت. نتایج آن ها به صورت زیر بوده است:۱ - روش FEMA 356 در حالتی که مشارکت مود بالاتر قابل توجه است، برآورد ناکافی از حداکثر تغییر شکل نسبی وحداکثر دوران پلاستیک اعضا در تراز طبقات بالاتر دارد.

۲- برآورد های UBPA به مراتب ضعیف بوده و قادر به تخمین منطقی حداکثر تغییرمکان نیستند. این موضوع باعث می شود نیازهای تغییر شکل نسبی طبقات و دوران های اعضا در ترازهای پایین تر، دست پایین و برای طبقات بالاتر دست بالا برآورد شوند

۳- در مقایسه با روش های FEMA356 و UBPA ، برآوردهای تغییر شکل نسبی طبقه در روش MMPA عموما به نتایج دینامیکی غیرخطی نزدیک هستند.

۴-توزیع بار اینرسی ،که به تغییرشکل طبقات وابسته است، به صورت تصاعدی مطابق با تغییرات پریود مودال و اشکال مودال در طول پاسخ غیرالاستیک تغییر می کند. در نتیجه تغییرات نیروهای اینرسی باید در

روش های استاتیکی در نظر گرفته شود. این کار می تواند فقط با استفاده از بردارهای بار سازگار به دست آید.

۵- روش AMC که مزایای اصلی روش طیف ظرفیت را داراست، ترکیب مودی و طرح بارگذاری سازگار بهترین تطابق را با نتایج دینامیکی غیرخطی دارد[۹].

شکیب و همکارانش جهت دستیابی به شناخت وضعیت موجود ساخت و ساز در شهرهای مختلف استان ایلام از دیدگاه مقاومت لرزه‌ای مطالعاتی با عنوان ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمانهای متداول شهری انجام داده‌اند. ادامه چنین مطالعاتی با توجه به شرایط لرزه‌خیزی اکثر نقاط کشور، برای شهرهای مختلف ضروری به نظر می‌رسد[۱۰].

غلامرضا قدرتی امیری وعلی جلالیان(۱۳۸۱) به منظور مقایسه آسیب پذیری ساختمانهای بتن آرمه طرح شده با آئین نامه های ۲۸۰۰،ویرایش دوم، [۱۱] و آیین نامه ۲۸۰۰مصوبه سال ۱۳۶۶ایران [۱۲] و بررسی نیاز مقاوم سازی آنها، ساختمانهای بتنی با سیستمهای مختلف قاب خمشی و قاب خمشی با دیوار برشی با شکل پذیری معمولی و متوسط و زیاد (اعم از ساختمانهای با دیوار برشی و بدون دیوار برشی با پلان متعارف و با تعداد طبقات ۳، ۵، ۸و ۱۰با آئین نامه های فوق طراحی شده اند و بدلیل رفتار غیر خطی ساختمانها به هنگام وقوع زمین لرزه بر روی آنها آنالیز دینامیکی غیر خطی با استفاده ازبرنامهIDARC صورت گرفته و سپس شاخص خسارت که بنا به تعریف عبارت است از نسبت تغییر شکل اعضاء تحت بار زمین لرزه به تغییر شکل نهایی آنها تحت بارگذاری یکنواخت ، با در نظر گرفتن اثر کاهش مقاومت و اتلاف انرژی در حلقه های هیسترزیس ، با یکدیگر مقایسه شده اند. نتایج آن ها حاکی از آن است که ساختمان های با قاب خمشی بدون دیوار برشی با سیستم شکل پذیری زیاد طرح شده در هردو آئین نامه جدید و قدیم در شتاب های بزرگ زمین لرزه دچار خسارت سازه ای زیاد می شوند و بدلیل تغییرمکان بسیار زیاد ساختمانهای ۸و ۱۰طبقه طرح شده با آئین نامه قدیم بخصوص در شتاب های بزرگ زمین لرزه نسبت به آئین نامه جدید نیاز به مقاوم سازی این سازه ها احساس می شود[۱۳].

فریبرز ناطق اللهی و رضا نعمت اللهی(۱۳۸۵) جهت بررسی دو نوع سیستم سازه فلزی با یک جهت قاب خمشی-یک جهت بادبندی(پنج طبقه) و دو جهت بادبندی(دو طبقه)، از روش بازدید عینی FEMA178، و روش تحلیل غیرخطی بر اساس دستورالعمل بهسازی ایران [۱۴] استفاده کردند و نتایج زیر را ارائه کردند:

۱-نتایج تحلیل غیرخطی سازه فولادی چهار طبقه نشان دهنده ایمنی بسیار بالای این سازه بود و با ضریب اطمینان بالایی سطح عملکرد ایمنی جانی را ارضا نمود که منطبق بر نتایج ارزیابی عینی بود. ۲- ساختمان فولادی دوطبقه بادبندی شده توانایی رسیدن به تغییرمکان هدف اولیه را نداشت وحتی نمی توانست نصف آن را بدون شکست کامل طی کند که حاکی از آسیب پذیری بسیار بالای آن بود. نتایج تحلیل غیر خطی منطبق بر روش بازدید عینی بود.[۱۵]

هاشم نژاد به بررسی عملکرد ساختمانهای فلزی ۵ طبقه مهاربندی شده با مهاربند هم‌مرکز (X) متقارن و نامتقارن و میزان و نحوه تأثیر نامتعادل بودن جرم طبقات بر حساسیت و عملکرد سازه پرداخت. برای این منظور مدل های با شرایط مختلف خروج از مرکزیت و ممان اینرسی جرمی، براساس آیین‌نامه‌های داخلی طراحی کرده، سپس با تحلیلهای استاتیکی و دینامیکی غیرخطی آن ها را مورد بررسی و مقایسه قرار داد و نتایج زیر را به دست آورد:

۱- با توجه به منحنی‌های بار افزون ، سختی کلی اولیه بدست آمده از توزیع بار مستطیلی در مقایسه با سایر توزیع‌ها دارای مقادیر بزرگتری است زیرا در یک برش پایه یکسان نیروهای طبقات بالایی در توزیع بار مستطیلی کمتر از سایر اشکال توزیع بار بوده و در نهایت تغییر مکان جانبی کمتری را برای تراز بام نتیجه داده است. ۲- شکل منحنی‌های Drift با توجه به تغییر خروج از مرکزیت برای هر سه حالت بارگذاری و تحلیل دینامیکی تغییر پیدا نکرده و با توجه به استفاده از شتابنگاشتهای مختلف محل ماکزیمم Drift در طبقه در تمام مدلها ثابت باقی ماند. ۳- مدلهای مورد بررسی در محدوده عملکرد ایمنی جانی (L.S) می‌باشند که بیانگر تأمین هدف آیین‌نامه ۲۸۰۰ می‌باشد[۱۶].

جلالی جهت بررسی تاثیر تقارن بر عملکرد سازه های بتنی، ابتدا سازه های ۵ طبقه بتنی که در منطقه ای با لرزه خیزی خیلی زیاد با خاک نوع II و با کاربری مسکونی قرار داشته را با آئین نامه آبا و ۲۸۰۰ بصورت قاب خمشی متوسط با دیوار برشی طراحی کرد. وی عدم تقارن را با جابه جایی دیوار برشی اعمال کرد و پس از طراحی مدلها و بدست آوردن دتایل های سازه براساس آئین نامه آبا برای سازه های با قاب خمشی متوسط برای تک تک المانها که شامل المانهای تیر و ستون و دیوار بود، مفاصل خمشی و برشی و منحنی اندرکنش خمشی و نیروی محوری براساس آئین نامه های FEMA و ATC استخراج و برای انجام آنالیزهای غیر خطی به تک تک المان ها اعمال کرد . به منظور ارزیابی لرزه ای سازه ها آنالیزهای استاتیکی غیر خطی و دینامیکی غیر خطی برروی سازه توسط نرم افزارETABS2000 وSAP2000 بصورت سه‌بعدی انجام گرفت و نتایج زیر به دست آمد: ۱- با توجه به آیین نامه ۲۸۰۰ که هدف طراحی سازه های مسکونی با ضریب اهمیت ۱ را برای زلزله های با سطح خطر ۱ , مصونیت جانی می داند طراحی این گونه سازه ها بصورت متقارن با این سیستم براساس آیین نامه های ۲۸۰۰وآبا دارای سطح عملکرد بالاتری می باشد. ۲- با افزایش خروج از مرکزیت(البته در حد خروج از مرکزیت های بررسی شده تحقیق مورد بحث) سطح عملکرد سازه از قابلیت استفاده بی وقفه به سمت مصونیت جانی حرکت می کند. ۳- درآنالیزهای استاتیکی غیر خطی ،با افزایش خروج از مرکزیت شیب اولیه منحنی های ظرفیت کاهش می یابد[۱۷].

محمدی(۱۳۸۶) در یک کار تحقیقاتی بررسی عملکرد یک ساختمان هشت طبقه بتنی با دیوار برشی و ارزیابی لرزه‌ای سازه را بر مبنای روش طیف ظرفیت انجام داد. وی پس از شناخت المانهای ضعیف سازه مورد نظر را با اضافه کردن دیوار برشی تقویت کرد، سپس سازه را بر اساس طرح تقویت و با استفاده از