



University Of Qom

Seismic Vulnerability Assessment of Reinforced Concrete Hospital Buildings Using Rapid Visual Screening Method According to FEMA P-154 criteria and Iranian Code #364

Abdul Ali Raoufy^{1✉}, Ali Kheyroddin², Hosein Naderpour³

1. Corresponding author, PhD candidate, Faculty of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran. E-mail: a.a.raoufy@semnan.ac.ir
2. Distinguished Professor, Faculty of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran. E-mail: kheyroddin@semnan.ac.ir
3. Professor, Faculty of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran. E-mail: naderpour@semnan.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 25 Feb 2023
Revised 30 Jul 2023
Accepted 30 Jul 2023

Keywords:
Vulnerability assessment,
Crisis prevention,
Degree of vulnerability,
Hospital building,
Rapid Visual Screening (RVS).

ABSTRACT

Earthquake is one of the natural disasters that have physical, economic and life-threatening outcomes. Therefore, in order to be prepared and reduce the risk before an earthquake occurs, the amount of damage and vulnerability assessments and planning are necessary. This research was conducted with the aim of evaluating the seismic vulnerability of existing hospitals in Kabul City. In the present study, 23 hospitals that have 60 existing reinforced concrete buildings were assessed for seismic vulnerability using the Rapid Visual Screening technique. The buildings were scored and analyzed based on the key indicators approved in FEMA P-154 and Iranian Code #364. None of the buildings received Cut- Off Score in the seismic vulnerability assessment. Despite the hospitals of Kabul City are active under normal conditions; in critical conditions, factors such as weak structural and non-structural resistance and non-compliance with design criteria can cause malfunctions and ineffectiveness of hospitals. Considering the Final Scores, the probability of collapse attributed to these buildings in a MCE (Maximum Considered Earthquake) seismic event, are between 3.16 and 45.6%, which indicates that during the occurrence of destructive phenomena such as earthquakes, there will be a possibility of damaging the buildings and getting out of their special cycle of use. According to the result, there is a possibility of seismic vulnerability of existing reinforced concrete hospital buildings in Kabul City during an earthquake. The degree of this seismic vulnerability varies from low to high. Therefore, these buildings should be subjected to a detailed seismic vulnerability assessment.

Cite this article: Raoufy, Abdul Ali., Kheyroddin, Ali., & Naderpour, Hosein. (2023). Seismic Vulnerability Assessment of Reinforced Concrete Hospital Buildings Using Rapid Visual Screening Method According to FEMA P-154 criteria and Iranian Code #364. *Civil Infrastructure Researches*, 9(2), 77-93. <https://doi.org/10.22091/cer.2023.9178.1462>





ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های بیمارستانی بتن آرمه با استفاده از روش غربالگری سریع چشمی براساس ضوابط FEMA P-154 و نشریه ۳۶۴

عبدالعلی رؤفی^۱✉، علی خیرالدین^۲، حسین نادرپور^۳

۱. نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، ایران. رایانامه: a.a.raoufy@semnan.ac.ir

۲. استاد ممتاز، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، ایران. رایانامه: kheyroddin@semnan.ac.ir

۳. استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، ایران. رایانامه: naderpour@semnan.ac.ir

چکیده

زلزله از جمله بلاای طبیعی است که با خود، آثار شدید فیزیکی و خسارت‌های اقتصادی و جانی را به همراه دارد. از این‌رو، ارزیابی میزان خسارت، آسیب‌پذیری و برنامه‌ریزی به‌منظور آمادگی و کاهش خطر قبل از وقوع زلزله، امری ضروری است. این پژوهش با هدف ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای بیمارستان‌های موجود شهر کابل انجام شد. در پژوهش حاضر، ۲۳ بیمارستان که دارای ۶۰ ساختمان بتن آرمه موجود بودند با تکنیک غربالگری سریع چشمی (RVS) ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شد. ساختمان‌ها براساس شاخص‌های کلیدی مصوب در FEMA P-154 و نشریه ۳۶۴ نمره‌دهی و تحلیل شدند. در بررسی آسیب‌پذیری لرزه‌ای هیچ یک از ساختمان‌ها حداقل امتیاز قابل‌قبول را کسب نکرد. علی‌رغم اینکه بیمارستان‌های شهر کابل در شرایط عادی فعال هستند؛ در شرایط بحرانی عواملی مانند ضعف مقاومت سازه‌ای، غیرسازه‌ای و رعایت نکردن ضوابط طراحی می‌تواند سبب اختلال عملکرد و ناکارآمدی بیمارستان‌ها گردد. احتمال شکست این ساختمان‌ها با در نظر گرفتن امتیاز نهایی به ازای یک رخداد لرزه‌ای MCER بین ۳/۱۶ تا ۴۵/۶٪ بوده، به‌طوری که نشان‌دهنده این است که در زمان وقوع پدیده‌های مخرب چون زلزله، احتمال وارد شدن خسارت به ساختمان‌ها و خارج شدن آنها از چرخه کاربری ویژه خود وجود خواهد داشت. با توجه به نتایج پژوهش، احتمال آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های بیمارستانی بتن آرمه موجود در شهر کابل در زمان زلزله وجود دارد و درجه این آسیب‌پذیری لرزه‌ای از کم تا زیاد متفاوت است. بنابراین این ساختمان‌ها باید مورد ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای کیفی قرار گیرند.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۵/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۸

کلیدواژه‌ها:

ارزیابی آسیب‌پذیری،
پیشگیری بحران،
درجه آسیب‌پذیری،
ساختمان بیمارستانی،
غربالگری سریع چشمی.

استناد: رؤفی، عبدالعلی؛ خیرالدین، علی؛ و نادرپور، حسین. (۱۴۰۲). ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های بیمارستانی بتن آرمه

با استفاده از روش غربالگری سریع چشمی براساس ضوابط FEMA P-154 و نشریه ۳۶۴. پژوهش‌های زیرساخت‌های

عمرانی، ۹(۲)، ۷۷-۹۳. <https://doi.org/10.22091/cer.2023.9178.1462>



۱- مقدمه

شد [۸]. پس از زلزله ۱۹۹۴ نورتریج، مطالعات زیادی برای ارزیابی آسیب‌های داخلی ساختمان‌ها و به‌ویژه بیمارستان‌ها انجام شد. نتایج تحقیقات آیرس و فیلیپس^۱ و فلمینگ^۲ که براساس داده‌های خسارت ۱۳ بیمارستان انجام شد، نشان داد که بیشتر بیمارستان‌ها به دلیل خرابی خطوط لوله چیلر و آب گرمکن دچار خسارت شدید خطوط انتقال آب شده است [۹ و ۱۰]. زمین‌لرزه‌ای در ۱۷ ژانویه ۱۹۹۵ مناطق کوبه و آواجی را لرزاند که تقریباً ۶,۴۳۴ کشته، بیش از ۴۳,۰۰۰ نفر مجروح و بیش از ۳۱۶,۰۰۰ نفر بی‌خانمان برجای گذاشت. تعداد زیاد قربانی‌ها عمدتاً به دلیل نبود یک سیستم ملی پزشکی در هنگام وقوع بلایای طبیعی بود [۱۱]. در ژانویه ۱۹۹۴ زلزله نورتریج، چندین مورد از بیمارستان‌های قدیمی‌تر خسارت قابل‌توجهی را متحمل شدند [۱۲]. در سال ۲۰۰۳ در زلزله بم تقریباً تمام تأسیسات بهداشتی تخریب و نزدیک به ۵۰ درصد از کارکنان بهداشت محلی کشته یا مفقود شده بودند [۱۳]. در زلزله گوجارت هند، تمام سیستم‌های درمانی موجود در منطقه از کار افتادند [۶]. در زمین‌لرزه ۲۷ فوریه ۲۰۱۰ شیلی چهار بیمارستان تعطیل شد و ۱۲ بیمارستان تقریباً ۷۵ درصد از عملکرد خود را به دلیل خرابی اجزای غیرسازه‌ای از جمله سیستم‌های اطفاء حریق از دست دادند [۱۴].

عملکرد بیمارستان ممکن است با آسیب ساختاری به تجهیزات پزشکی، آسیب به عناصر غیرسازه‌ای یا تجهیزات پزشکی، اختلال در تأسیسات داخلی و خارجی و خطوط حیاتی، یا کمبود پرسنل کلیدی به دلیل تلفات، جراحات یا ناتوانی در دسترسی به بیمارستان مختل شود [۱۵]. بیمارستان‌ها نقطه پایانی زنجیره نجات هستند و از این‌رو، کانون پاسخگویی به بلایا را نشان می‌دهند [۱۶]. وقوع ناگهانی بلایای طبیعی غیرمنتظره مانند زلزله

بیمارستان‌ها بخش مهمی را در سیستم درمانی تشکیل می‌دهند [۱]. بیمارستان‌ها و مراکز درمانی باید پس از زلزله به‌طور کامل فعال باشند تا از جان بیماران و کارکنان بهداشت و درمان محافظت کنند و همچنین مراقبت‌های اضطراری و درمان پزشکی را برای تعداد فزاینده بیمارانی که در اولین ساعات پس از حوادث لرزه‌ای قابل‌توجه به مراکز درمانی منتقل می‌شوند، ارائه دهند [۲]. نقش بیمارستان‌ها در طول یک فاجعه حتی مهم‌تر است؛ بنابراین، ارائه درمان به‌موقع و باکیفیت به بیماران آسیب‌دیده به‌منظور به‌حداقل رساندن تلفات، حیاتی است [۳]. بیمارستان‌ها باید در زمان وقوع بلایا به ارائه مراقبت‌های بهداشتی ادامه دهند و این نیاز به آمادگی دارد [۴]. بیمارستان‌ها در پی هر نوع فاجعه‌ای به‌عنوان پناهگاه‌های امن شناخته می‌شوند؛ اما در حوادث شدید لرزه‌ای خود بیمارستان‌ها نیز مستعد آسیب هستند. برای فعال نگه‌داشتن بیمارستان در چنین حوادثی تنها راه‌حل ممکن شناسایی کمبودهای موجود در ساختمان و کاهش آن است [۵]. سالانه در سراسر جهان انواع تسهیلات بهداشتی درمانی از جمله صدها بیمارستان و مراکز درمانی در نتیجه رخداد بلایای طبیعی به‌طور کلی تخریب شده یا کارایی خود را از دست می‌دهند. این مراکز در زمره سرمایه‌های بنیادین کشورها به‌حساب می‌آید و تخریب آنها پیامدهای اقتصادی زیان‌باری را به دنبال دارد [۶]. با این حال، سوابق نشان می‌دهد که مراکز بهداشتی و کارکنان بهداشتی جزو قربانیان عمده حوادث اضطراری، بلایا و سایر بحران‌ها هستند [۷]. در جریان زلزله ۱۹۸۵ مکزیکوسیتی، پنج بیمارستان فرو ریخت، ۲۲ بیمارستان آسیب جدی دیدند و حداقل ۱۱ مرکز تخلیه شدند [۸]. در جریان زلزله ۱۹۸۶ سان‌سلوادور، السلوادور بیش از ۲۰۰۰ تخت از بین رفت و بیش از ۱۱ بیمارستان تحت تأثیر قرار گرفت. ده بیمارستان تخلیه و یک بیمارستان به‌طور کامل تخریب

¹- Ayres and. Phillips

²- Fleming

مرحله غربالگری سریع چشمی (RVS^3)، ارزیابی اولیه آسیب‌پذیری (PVA^4) و ارزیابی دقیق آسیب‌پذیری (DVA^5) است [۳۰]. روش RVS یک فرآیند سریع و کارآمد برای شناسایی و رتبه‌بندی ساختمان‌ها است [۳۱]. روش RVS به‌طور گسترده‌ای در سراسر جهان مورد استفاده قرار گرفته است [۳۲]. انجمن ملی فناوری زلزله ($NSET^6$) در سال ۲۰۰۱ و ۲۰۰۳ دو مطالعه ارزیابی سازه‌ای بیمارستان‌ها و مؤسسات بهداشتی دره کاتماندو و ارزیابی آسیب‌پذیری غیرسازه‌ای بیمارستان‌های نیپال را انجام داده است. نتایج مطالعات NSET نشان داد که تنها حدود ۲۰ درصد از بیمارستان‌ها در سطح ایمنی جانی هستند و سطح عملکرد پیشگیری از فرو ریختن را دارند [۳۳]. روش RVS در ۲۶ ساختمان بیمارستانی واقع در مانیل فیلیپین مطابق فرم نظرسنجی سطح ۱ FEMA P-154⁷ اعمال شد و نتیجه ارزیابی نشان داد که تنها ۶ ساختمان بیمارستانی از نظر لرزه‌ای قابل‌قبول هستند [۳۴]. روش RVS ساختمان‌هایی را که باید بیشتر مورد ارزیابی و مطالعه قرار گیرند، در اولویت قرار می‌دهد تا بتوان از منابع فنی و منابع دیگر به بهترین نحو استفاده کرد [۳۵ و ۳۶]. افغانستان در منطقه‌ای با فعالیت لرزه‌ای بالا واقع شده؛ فعالیت‌های لرزه‌ای را تجربه نموده که آن را مستعد زلزله کرده و یکی از آسیب‌پذیرترین کشورهای جهان است [۳۷-۳۹]. هر زمانی که زلزله، زمین‌لغزش، سیل و ریزش بهمن رخ دهد، با توجه به آسیب‌پذیری روستاها و شهرهای افغانستان و موقعیت آنها در نزدیکی مناطق مخاطره‌خیز احتمال مرگ و ویرانی گسترده مورد توجه است. تاریخچه زلزله‌های ویرانگر در افغانستان به بیش از چهار هزار سال پیش باز می‌گردد [۳۷]. هر ساله در افغانستان زلزله‌های متوسط تا شدید

می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر ارائه مراقبت‌های بهداشتی در منطقه آسیب‌دیده داشته باشد [۱۷]. احتمال وقوع زلزله‌های شدید به دلیل شرایط زمین‌شناسی از یک سو و طراحی و ساخت نادرست بسیاری از ساختمان‌های بتن آرمه که در آنها معیارهای بارگذاری لرزه‌ای در نظر گرفته نشده‌اند و یا به دلیلی بارهای لرزه‌ای کمتر از مقدار لازم تخمین زده شده باشند؛ از سوی دیگر می‌تواند نیاز به ارزیابی و بازسازی لرزه‌ای را ایجاد کند [۱۸]. تجربه زلزله‌های شدید نشان داده است که اغلب سازه‌های بتن‌آرمه با سیستم قاب خمشی، تحت زلزله خسارت‌های جدی دیده‌اند [۱۹]. بنابراین لازم است که آسیب‌پذیری ساختمان‌هایی که براساس آیین‌نامه‌های قدیمی طراحی شده‌اند با نگرش‌های جدیدتر کنترل شوند [۲۰ و ۲۱]. ارزیابی ریسک لرزه‌ای و برآورد تلفات برای تصمیم‌گیری با توجه به کاهش تلفات ناشی از زلزله در مناطق بزرگ شهری از اهمیت زیادی برخوردار است [۲۲]. ممکن است ساختمان در طول عمر خود در برابر حوادث طبیعی یا انسان ساخت قرار گیرد؛ فرو ریختن ساختمان با زلزله خسارت‌های هنگفت انسانی و اقتصادی را در پی دارد [۲۳ و ۲۴].

تاب‌آوری یک منطقه شهری، مسکن، مدرسه، بیمارستان، زیرساخت‌ها و غیره پس از یک فاجعه ضروری است [۲۵]. تعیین آسیب‌پذیری بیمارستان‌ها در برابر زلزله‌های احتمالی در برنامه‌های پیشگیرانه مدیریت بحران لرزه‌ای حیاتی است [۲۶]. آسیب‌پذیری لرزه‌ای به درجه آسیبی که یک سازه در معرض یک رویداد لرزه‌ای با یک سطح شدت معین متحمل می‌شود، اطلاق می‌شود [۲۷]. ظرفیت زلزله یک ساختمان با استفاده از روش‌های آسیب‌پذیری لرزه‌ای تخمین زده می‌شود [۲۸]. بنابراین روش‌های مختلف ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای برای ارزیابی ساختمان‌های موجود مورد استفاده قرار می‌گیرند [۲۹]. روش‌های ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شامل سه

³- Rapid Visual Screening

⁴- Preliminary Vulnerability Assessment

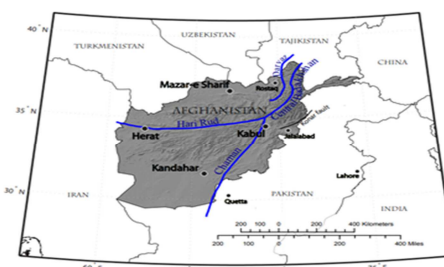
⁵- Detailed Vulnerability Assessment

⁶- National Society for Earthquake Technology

⁷- Federal Emergency Management Agency

روی سیستم گسلی چمن چندین زلزله بزرگ تاریخی رخ داده است [۴۶]. زمین‌لرزه ۶ جولای ۱۵۰۵ میلادی، با بزرگای تخمین زده شده ۷/۳ در نزدیکی کابل رخ داد و حدود ۵۰ کیلومتر گسیختگی سطحی و چند متر تغییرمکان قائم ایجاد کرد [۴۷ و ۴۸]. در کابل، این زلزله دیوارهای قلعه‌ها و باغ‌ها را خراب کرد. شهر پغمان به کلی ویران شد و ۷۰ تا ۸۰ نفر کشته شدند و خسارات زیادی به شهرها و روستاهای مجاور برجای گذاشت [۴۹]. سیلاب‌های ناگهانی مکرر، زمین‌لرزه‌ها و لغزش سنگ‌ها به‌عنوان مخاطرات طبیعی عمده در شهر کابل شناخته می‌شوند [۵۰]. جمعیت زیاد و توسعه نامنظم شهری در شهر کابل، احتمال آسیب‌پذیری آن را در برابر بلایای طبیعی افزایش داده است [۵۱]. ساخت‌وسازهای زیادی در این شهر صورت گرفته که اکثر ساختمان‌ها از مصالح بنایی است. ساختمان‌های بنایی سنگی و خشتی، ساختمان‌های بدون ملات و با ملات گل که در شیب‌های تند ساخته شده است اغلب آسیب‌پذیری لرزه‌ای بسیار زیادی دارند؛ نمونه از این ساختمان‌ها در شکل ۲ نشان داده شده است.

رخ می‌دهد و هرچند سال (۱۰ تا ۲۰ سال) یک زلزله قدرتمند خسارات و تلفات قابل توجهی به بار می‌آورد [۴۰ و ۴۱]. زلزله نهرین در ماه می ۱۹۹۸ حدود ۴,۰۰۰ کشته برجای گذاشت [۳۷]. زمین‌لرزه ماه ژوئن ۲۰۲۲ استان‌های پکتیکا و خوست را ویران کرد [۴۲]. گزارش‌های اولیه حاکی از کشته‌شدن بیش از ۱,۰۰۰ نفر و زخمی‌شدن حدود ۳,۰۰۰ نفر بود [۴۳]. این زمین‌لرزه به ۷۰ درصد خانه‌های منطقه آسیب زده و بدترین اتفاقی بود که در ۲۰ سال گذشته رخ داده است [۴۴]. در میان گسل‌های تثبیت شده در افغانستان، گسل چمن، هری‌رود، مرکزی بدخشان و درواز را که در شکل ۱ نشان داده شده‌اند؛ می‌توان به‌عنوان گسل‌هایی نام برد که به احتمال زیاد در خطر لرزه‌ای نقش دارند و اطلاعات کافی برای گنجاندن در تحلیل خطر لرزه‌ای دارند [۳۷ و ۴۵].



شکل ۱- نقشه افغانستان که محل منابع گسل مدل شده را نشان می‌دهد (خطوط آبی برجسته) [۳۷]



ب- کوه آسمایی شهر کابل



الف- ناحیه اول شهر کابل

شکل ۲- ساختمان‌های ساخته شده بر روی شیب کوه در شهر کابل

مخرب در آینده قابل توجه کرده است. در چنین شرایطی فرض کنیم که زلزله ۶ جولای ۱۵۰۵ پغمان (این زلزله بیش از ۵۰۰ سال است که تکرار نشده است) یا زلزله مخرب دیگری واقع شود و بیمارستان‌ها هم در حالت خدمت‌رسانی بدون وقفه قرار نداشته باشند یک فاجعه‌ای بزرگ انسانی رخ خواهد داد.

موقعیت شهر کابل در نزدیکی پهنه‌های گسله چمن (مهم‌ترین گسلی که از غرب کابل عبور می‌کند) و تلاقی دو پهنه گسلی؛ چمن و هری‌رود (واقع در محدوده چهاریکار)؛ و نیز به دلیل وجود ساختمان‌هایی که برمبنای هیچ آیین‌نامه‌ای لرزه‌ای معیار و خاص احداث نشده‌اند، شهر کابل را از نظر ریسک، در زمان وقوع یک زمین‌لرزه

هدف تشخیص و بررسی وضعیت ساختمان‌های موجود در برابر نیروی زلزله به کار می‌رود. با توجه به خطرپذیری بالای شهر کابل در برابر زلزله، فرم RVS مربوط به خطر لرزه‌ای زیاد مورد استفاده قرار گرفت. اطلاعات موردنیاز برای محاسبه امتیاز نهایی، شامل نوع سازه (برای محاسبه امتیاز پایه)، تعداد طبقات ساختمان، بی‌نظمی در ارتفاع و پلان، سال ساخت، اجرای سازه با به‌کارگیری و یا عدم به‌کارگیری آیین‌نامه سازه‌ای و نوع خاک است.

امتیاز نهایی از جمع امتیازات به‌دست آمده در هر مرحله محاسبه می‌شود، به طوری که حدنصاب قابل قبول جهت مقاومت سازه $S=2$ بود. امتیاز کمتر از آن به منزله این است که احتمالاً سازه، پایداری لازم را در برابر زلزله نخواهد داشت و می‌بایست هرچه سریع‌تر با متخصصین امر مشورت شده و در صورت تشخیص مقاوم‌سازی لازم صورت گیرد. در شکل ۳، ساختار کلی انجام این پژوهش نشان داده شده است. با توجه به عدم وجود شناسنامه فنی برای ساختمان‌های افغانستان، تکمیل اطلاعات مربوط به سازه‌های بدون شناسنامه فنی، به‌منظور تعیین نوع سازه، با استفاده از مشاهده و در مواردی مشورت با متخصصین سازه انجام پذیرفت. با استفاده از نرم‌افزار GIS موقعیت ساختمان‌های بیمارستانی تعیین شد. در شکل ۴، موقعیت استقرار بیمارستان‌های شهر کابل نشان داده شده است.

۳- روش‌های ارزیابی لرزه‌ای سریع چشمی

در سال‌های اخیر، ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های موجود، به دلیل خطر مرتبط با وقوع غیرمنتظره زلزله، از اهمیت زیادی برخوردار شده است [۵۲].

روش‌های غربالگری سریع چشمی، سریع‌ترین و ساده‌ترین روش‌های توسعه‌یافته برای ارزیابی مشخصات آسیب‌پذیری اولیه هستند [۵۳ و ۵۴]. غربالگری سریع چشمی یک رویکرد سریع و ساده است که اغلب توسط

این پژوهش به دو هدف انجام شد؛ اولی ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های بیمارستانی بتن آرمه موجود شهر کابل که آیا آسیب‌پذیری لرزه‌ای دارد یا خیر؛ و به این منظور برای ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای روش‌های FEMA P-154 در سطح ۱ و ۲ و نشریه ۳۶۴ استفاده شد. دومی مقایسه نتایج این دستورالعمل‌ها با یکدیگر است تا مشخص گردد که کدام دستورالعمل سخت‌گیرانه‌تر عمل می‌کند تا در نهایت آن دستورالعمل مبنای عمل برای اولویت‌بندی ساختمان‌ها در بهسازی لرزه‌ای قرار گیرد.

۲- مواد و روش‌ها

این مطالعه به لحاظ ماهیت پژوهش، از نوع مطالعه موردی و به لحاظ هدف، از انواع پژوهش‌های کاربردی است. جمعیت مطالعه، بیمارستان‌های شهر کابل است. معیارهای انتخاب این شهر، امکان دسترسی به اطلاعات موجود، آشنایی محقق با این شهر و نیز استقرار این شهر در منطقه با خطر لرزه‌خیزی زیاد بوده است. این پژوهش در سه مرحله و به شرح زیر صورت پذیرفت:

مرحله اول: بررسی متون و مستندات موجود در بخش‌های مربوطه.

مرحله دوم: تحلیل وضع موجود که متشکل از دو زیر مرحله است:

الف- ارزیابی عمومی شامل ویژگی‌های محیط طبیعی، ویژگی‌های کالبدی و تیپ خاک.

ب- ارزیابی موردی شامل بررسی ساختمان‌های بیمارستانی با استفاده از ضوابط FEMA P-154 و نشریه ۳۶۴.

مرحله سوم: در نهایت، تحلیل نتایج حاصل از مراحل اول و دوم.

در این پژوهش برای ارزیابی مقاومت سازه‌ای بیمارستان‌ها تکنیک RVS استفاده شد. این روش از گروه روش‌های ارزیابی کیفی و با شیوه امتیازبندی است که با

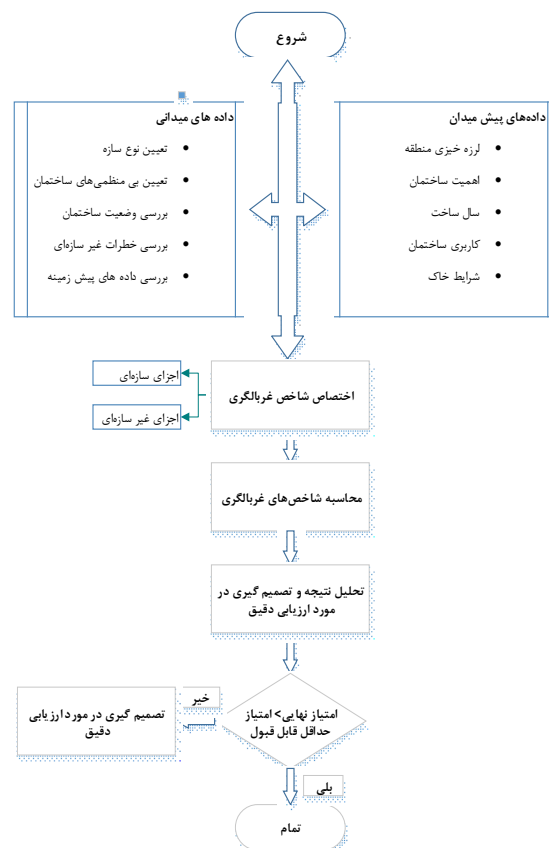
داده‌های ویژه در مورد ویژگی‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای ساختمان و تعیین امتیاز سازه‌ای است که براساس آن ساختمان رتبه‌بندی می‌شود [۵۷]. RVS روشی است که امتیازات سازه‌ای ساختمان‌ها را تخمین می‌زند و نیازمندی‌های بهسازی و ارتقای آن‌ها را اولویت‌بندی می‌کند [۵۸].

در روش RVS، بازرسی چشمی از ساختمان‌ها انجام می‌شود و ویژگی‌های سازه‌ای به طور معمول در حدود ۳۰ دقیقه ارزیابی می‌شود و فرم همراه پر می‌شود [۵۹]. اگرچه غربالگری سریع چشمی یک روش کلاسیک برای مطالعه اولیه آسیب‌پذیری است، اما یکی از اقتصادی‌ترین، مطمئن‌ترین، ساده‌ترین و کارآمدترین روش‌ها برای تعیین سطح آسیب‌پذیری ساختمان‌ها است [۶۰]. هدف اصلی نتایج RVS آگاهی از وضعیت فعلی ساختمان‌های موجود در رابطه با خطر لرزه‌ای و سایر خطرات مرتبط است تا مالک ساختمان بداند که ساختمان نیازمند اقدامات بهسازی یا مقاوم‌سازی است یا خیر [۲۷]. بسیاری از روش‌های RVS در سراسر جهان توسعه یافته‌اند که با توجه به تفاوت در آیین‌نامه‌های ساختمانی و شیوه‌های ساخت‌وساز، سیستم امتیازدهی و پارامترهایی که برای ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها در نظر گرفته می‌شود در بین مناطق مختلف تفاوت دارد [۶۱]. نظر به اینکه این پژوهش با استفاده از روش غربالگری سریع چشمی براساس ضوابط FEMA P-154 و نشریه ۳۶۴ انجام شده است در ادامه این روش‌ها معرفی شده است.

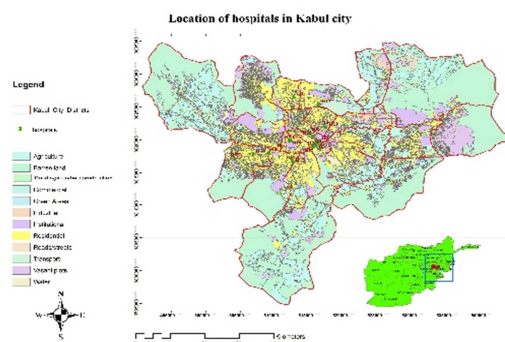
۳-۱- روش ارزیابی سریع FEMA P-154

FEMA اولین نسخه استاندارد RVS را به عنوان یک کتاب در سال ۱۹۸۸ منتشر کرد. این روش بر روی ساختمان‌ها در زلزله‌های کالیفرنیا مورد آزمایش قرار گرفته است. ویرایش دوم این نسخه که از نسخه اصلی مختصر و برای تسهیل اجرا متمرکز شده بود در سال ۲۰۰۲ به‌عنوان FEMA 154 منتشر شد [۶۲ و ۶۳]. ویرایش سوم روش RVS با عنوان FEMA P-154 در

محققان برای تخمین آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌ها در یک منطقه استفاده می‌شود [۵۵].



شکل ۳- ساختار کلی روش تحقیق



شکل ۴- موقعیت استقرار بیمارستان‌های شهر کابل

روش غربالگری سریع چشمی بدون هیچگونه محاسبات سازه‌ای در نظر گرفته می‌شود [۵۶]. غربالگری سریع چشمی به دنبال یک روش ساده برای ارزیابی ساختمان‌ها و تعیین سطح خطر لرزه‌ای آنها است به طوری که هدف اصلی آن پاسخ به این سوال است که آیا ساختمان‌ها باید تحت بررسی دقیق‌تری قرار گیرند یا خیر [۵۵]. این روش‌ها شامل تکمیل فرم‌های جمع‌آوری

تجزیه و تحلیل رفتار لرزه‌ای ساختمان می‌باشد [۶۲] و [۶۴]. FEMA P-154 تعداد ۱۷ نوع ساختمان را معرفی می‌کند. روش غربالگری سریع چشمی FEMA P-154 شامل فرم‌های جمع‌آوری داده‌ها در دو سطح، ۱ و ۲، برای هریک از پنج منطقه لرزه‌خیزی است. فرم‌ها فقط در مقادیر اختصاص داده شده به امتیازهای پایه و اصلاحی برای سیستم‌های مختلف سازه‌ای و در معیارهای مورد استفاده برای ارزیابی ضربه ساختمان‌های مجاور متفاوت است. امتیاز پایه برای ساختمان FEMA برای منطقه با لرزه‌خیزی بالا در جدول ۱ نشان داده شده است.

سال ۲۰۱۵ بازنگری شد و نه تنها اطلاعاتی در مورد تعاریف نوع ساختمان و ویژگی‌های کلیدی، بلکه یک فرم غربالگری تکمیل شده و مدیریت برنامه RVS را نیز در برداشت [۵۳ و ۶۲]. روش RVS در FEMA P-154 براساس شناسایی امتیاز پایه بسته به نوع ساختمان، لرزه‌خیزی منطقه (که شامل پنج منطقه لرزه‌خیزی کم، متوسط، متوسط-زیاد، زیاد و بسیار زیاد است)، اصلاح‌کننده‌های امتیاز مربوط به بی‌نظمی‌های سازه‌ای، آیین‌نامه ساختمانی که در مرحله طراحی استفاده شده است، نوع خاک (از A به معنی سنگ سخت تا F به معنی خاک ضعیف) مورد استفاده در ایالات متحده آمریکا و

جدول ۱- نوع ساختمان FEMA P-154 و بخش امتیاز پایه از فرم گردآوری داده‌های سطح ۱ برای لرزه‌خیزی بالا [۶۲]

امتیاز پایه	نوع ساختمان FEMA P-154	امتیاز پایه	نوع ساختمان FEMA P-154
۲	C2 (SW)	۳/۶	W1
۱/۲	C3 (URMINF)	۳/۲	W1A
۱/۶	PC1 (TU)	۲/۹	W2
۱/۴	PC2	۲/۱	S1 (MRF)
۱/۷	RM1 (FD)	۲	S2 (BR)
۱/۷	RM2 (RD)	۲/۶	S3 (LM)
۱	URM	۲	S4 (RCSW)
۱/۵	MH	۱/۷	S5 (URMINF)
		۱/۵	C1 (MRF)

به‌عنوان امتیاز ساختمان در نظر گرفت. امتیاز S پایین، نشان‌دهنده این است که ساختمان نیاز به تجزیه و تحلیل دقیق دارد زیرا که آسیب‌پذیر است و S بلند، نشان‌دهنده مقاوم بودن ساختمان است. براساس الزامات طراحی لرزه‌ای فعلی، ۲ به‌عنوان مقدار حداقل امتیاز قابل قبول توصیه می‌شود که معرف ۱٪ شانس فروپاشی در زمین‌لرزه احتمالی (با توجه به لرزه‌خیزی منطقه)، دچار خرابی و ریزش می‌شود.

امتیاز نهایی سازه (S)، برای یک ساختمان معین، از جمع جبری امتیاز پایه و امتیازهای اصلاحی تعیین می‌شود و در نهایت در پاسخ به این سؤال که آیا ساختمان

ویژگی‌های در نظر گرفته شده برای ارزیابی اصلاح‌کننده امتیاز (SMS^۸) عبارت از نامنظمی ارتفاعی، نامنظمی پلان، طراحی پیش‌کد یا پس از محک، نوع خاک و حداقل امتیاز (SMIN^۹) است. نمره نهایی (FS^{۱۰})، سطح ۱ (S_{L1}) و سطح ۲ (S_{L2}) براساس SMS‌ها برای ساختمان انتخاب شده و امتیاز پایه برای نوع خاصی از سازه در فرم غربالگری تعیین می‌شود. در صورتی که نسبت به نوع سیستم تردید وجود داشته باشد، به روی فرم هر دو امتیاز، محاسبه شده و کوچکترین آنها را باید

⁸- Score Modifiers

⁹- Minimum Score

¹⁰- Final Score

آخرین ویرایش استاندارد ۲۸۰۰ طراحی لرزه‌ای ایران اجرا شده‌اند و کاربری فعلی آنها مطابق با کاربری در نظر گرفته شده در طراحی اولیه است، از انجام مراحل این دستورالعمل معاف هستند. ساختمان‌های بتّایی خشتی و سنگی، ساختمان‌های بدون ملات و با ملات گلی که عمده آنها دارای آسیب‌پذیری لرزه‌ای بسیار زیادی هستند، ساختمان‌های بتّایی مسلح و غیرمسلح، ساختمان‌های قاب سبک فولادی، ساختمان‌های چوبی و ساختمان‌های آسیب‌دیده پس از زلزله از حیطه این دستورالعمل خارج هستند. این فرآیند ارزیابی طی دو مرحله شامل ارزیابی لرزه‌ای چشمی و کیفی، صورت می‌پذیرد. ارزیابی لرزه‌ای چشمی این دستورالعمل، همانند دیگر روش‌های ارزیابی سریع دارای فرم‌های مخصوصی برای گردآوری اطلاعات سازه است. در این دستورالعمل یک کرانه بالا (S_U) و یک کرانه پایین (S_L) برای تعیین محدوده مناسب برای انجام مطالعات بهسازی با شاخص ارزیابی لرزه‌ای به ترتیب به ترتیب ۳ و صفر در نظر گرفته و لحاظ شده‌اند که امکان تغییر آن طی مشورت با کارشناسان و با توجه به سیاست‌های کشور و همین‌طور تأیید کارفرما وجود دارد. همچنین برای کلیه ساختمان‌هایی که شاخص ارزیابی لرزه‌ای آنها بین دو کرانه پایین و بالای شاخص ارزیابی لرزه‌ای قرار می‌گیرند، سطح آسیب‌پذیری لرزه‌ای آنها نیازمند مطالعات ارزیابی کیفی در دو سطح اولیه و سطح تکمیلی هستند. برای تعیین سطح موردنیاز در ارزیابی کیفی شاخصی با عنوان ارزیابی لرزه‌ای پایه (S_B) تعریف شده است. در این دستورالعمل عدد ۲ برای شاخص ارزیابی لرزه‌ای پایه در نظر گرفته شده است که این شاخص از مسیر مشورت با کارشناسان و نظر به سیاست‌های کشور و تأیید کارفرما قابل تغییر است. پس از تعیین نمره نهایی (S)، ساختمان در یکی از سطوح آسیب‌پذیری (آسیب‌پذیری کم، آسیب‌پذیری متوسط، آسیب‌پذیری زیاد، آسیب‌پذیری بسیار زیاد) قرار می‌گیرد [۶۷]. ارزیابی چشمی طبق ضوابط نشریه ۳۶۴ برای ۶۰ ساختمان بیمارستانی بتن‌آرمه موجود در شهر کابل انجام

به بررسی دقیق‌تر نیاز دارد یا خیر گزینه (بله) و یا (خیر) علامت زده می‌شود [۶۵].

احتمالات محاسبه شده شکست از یک زلزله MCE^{11} (۲٪ در مدت ۵۰ سال) نسبت به امتیازهای نهایی بین ۴۰٪ و ۰٪ در جدول ۲ نشان داده شده است [۶۶].

جدول ۲- رابطه بین امتیاز نهایی و احتمال شکست^{۱۲} [۶۶]

امتیاز نهایی	احتمال شکست (درصد)
۴/۰	۱
۳/۵	۳
۳/۰	۱۰
۲/۵	۳۲
۲/۰	۱/۰
۱/۵	۳/۱۶
۱/۰	۱۰
۰/۵	۳۲
۰/۰	۱۰۰

یک غربالگری سریع چشمی طبق ضوابط آیین‌نامه FEMA P-154 در دو سطح برای ۶۰ ساختمان بیمارستانی بتن‌آرمه موجود در شهر کابل انجام شد. امتیازهای نهایی کسب شده در شکل ۵ نشان داده شده و با در نظر گرفتن امتیاز نهایی احتمال آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌ها مشخص گردید. با توجه به شکل ۵ که امتیازهای نهایی کسب شده ساختمان‌های بیمارستانی بتن‌آرمه موجود را در دو سطح غربالگری FEMA P-154 نشان می‌دهد، ساختمان‌های ارزیابی شده، محتمل آسیب‌پذیری لرزه‌ای در زمان وقوع پدیده مخربی چون زلزله است و نیاز به بررسی و ارزیابی دقیق دارد.

۳-۲- روش ارزیابی لرزه‌ای سریع براساس نشریه ۳۶۴

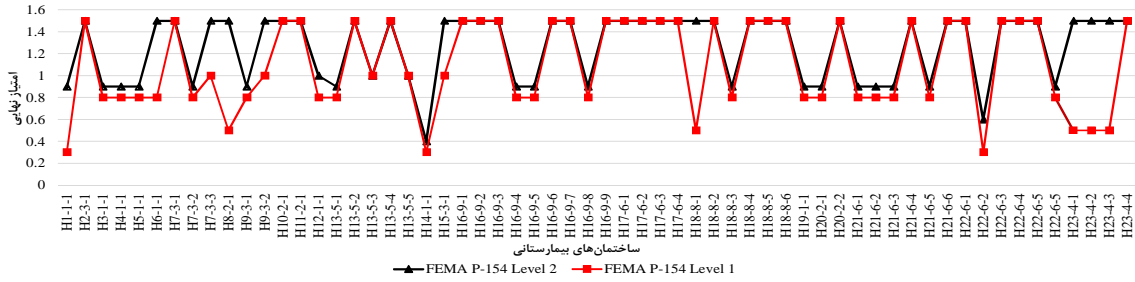
این دستورالعمل برای ارزیابی لرزه‌ای سریع سازه‌های موجود با سیستم سازه‌ای فولادی و بتنی در سال ۱۳۸۷ تهیه شده است. ساختمان‌هایی که براساس

¹¹ - Maximum Considered Earthquake

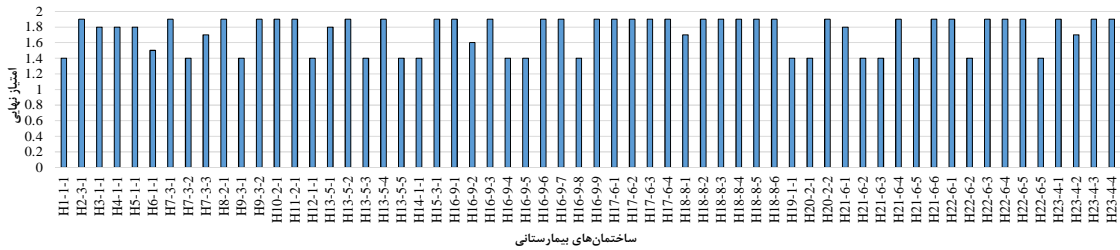
¹² - Probability of Collapse

شد که امتیازهای نهایی کسب شده در شکل ۶ نشان داده شده و با در نظر گرفتن امتیاز نهایی احتمال آسیب پذیری لرزه‌ای ساختمان‌ها مشخص گردید. همان‌طور که در شکل ۶ ملاحظه می‌گردد شاخص‌های آسیب‌پذیری لرزه‌ای این ساختمان‌ها در

شد که امتیازهای نهایی کسب شده در شکل ۶ نشان داده شده و با در نظر گرفتن امتیاز نهایی احتمال آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌ها مشخص گردید. همان‌طور که در شکل ۶ ملاحظه می‌گردد شاخص‌های آسیب‌پذیری لرزه‌ای این ساختمان‌ها در



شکل ۵- امتیاز نهایی ساختمان بتن‌آرمه بیمارستانی موجود طبق FEMA P-154 در سطح ۱ و ۲



شکل ۶- امتیازهای نهایی ساختمان بتن‌آرمه بیمارستانی مطابق نشریه ۳۶۴

نمونه از ساختمان‌های بیمارستانی بتن‌آرمه موجود در سطح شهر کابل نشان داده شده است. ساختمان‌های بیمارستانی مورد ارزیابی، قاب‌خمش‌ی بتن‌آرمه بوده و دارای سقف دال بتن‌آرمه است. در جدول ۴ نیز برخی از مشخصات این ساختمان‌ها گنجانده شده است. در ادامه بررسی نتایج حاصل شده از مطالعه ساختمان‌های بیمارستانی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۴- ارزیابی لرزه‌ای سریع ساختمان‌های بیمارستانی بتن‌آرمه شهر کابل

در هریک از روش‌های ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای سریع، سطوحی از آسیب‌پذیری پیش‌بینی شده است که ساختمان ارزیابی شده را در یکی از این سطوح طبقه‌بندی می‌کند. سطوح یاد شده براساس ضوابط مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۳ آورده شده است. در شکل ۷، دو

جدول ۳- سطوح پیش‌بینی شده آسیب‌پذیری

محدوده آسیب	سطوح آسیب‌پذیری	روش ارزیابی
$S > 2$	ساختمان دارای ایمنی قابل قبول	FEMA- P154
$S < 2$	ساختمان خطرناک به لحاظ لرزه‌ای	
$S > S_U$	آسیب‌پذیری کم	نشریه ۳۶۴
$S_B < S < S_U$	آسیب‌پذیری متوسط	
$S_L < S < S_B$	آسیب‌پذیری زیاد	
$S < S_L$	آسیب‌پذیری بسیار زیاد	



ب- بیمارستان میوند ساختمان بخش جراحی اطفال



الف- بیمارستان جمهوریت ساختمان ۴ طبقه

شکل ۷- نمونه‌ای از بیمارستان‌های شهر کابل

جدول ۴- مشخصات ساختمان‌های بیمارستانی بتن‌آرمه ارزیابی شده شهر کابل و امتیاز نهایی آنها

نشریه ۳۶۴	FEMA P-154		سال ساخت	مساحت زیر بنا به مترمربع	نوع بی‌نظمی در هندسه	تعداد طبقات	نام ساختمان بیمارستان	تعداد تخت	نام بیمارستان	امتیاز نهایی طبق روش استفاده شده	
	سطح ۱	سطح ۲									
۱/۴	۰/۳	۰/۹	۱۳۶۰	۲۲۲۱/۴	پلان	۲	H1-1-1	۱۰۲	بیمارستان (۱)		
۱/۹	۱/۵	۱/۵	۱۳۴۱	۴۰	منظم	۱	H2-3-1	ندارد	بیمارستان (۲)		
۱/۸	۰/۸	۰/۹	۱۳۶۴	۳۲۰۰	پلان	۵	H3-1-1	ندارد	بیمارستان (۳)		
۱/۸	۰/۸	۰/۹	۱۳۶۴	۴۰۰۰	پلان	۵	H4-1-1	۱۰۰	بیمارستان (۴)		
۱/۸	۰/۸	۰/۹	۱۳۶۴	۱۵۰۰۰	پلان	۶	H5-1-1	۳۵	بیمارستان (۵)		
۱/۵	۰/۸	۱/۵	۱۳۹۸	۲۲۵۰	منظم	۶	H6-1-1	۵۰	بیمارستان (۶)		
۱/۹	۱/۵	۱/۵	۱۳۶۳	۱۳۹۴/۴	منظم	۲	H7-3-1	۲۰۰	بیمارستان (۷)		
۱/۴	۰/۸	۰/۹	۱۳۶۳	۱۳۹۱/۶	پلان	۲	H7-3-2				
۱/۷	۱	۱/۵	۱۳۹۵	۲۱۹۶/۷۵	منظم	۶	H7-3-3				
۱/۹	۰/۵	۱/۵	۱۳۴۸	۹۵۲	پلان	۲	H8-2-1	۳۰	بیمارستان (۸)		
۱/۴	۰/۸	۰/۹	۱۳۵۵	۳۰۶/۲۵	پلان	۱	H9-3-1	۲۰۰	بیمارستان (۹)		
۱/۹	۱	۱/۵	۱۳۸۴	۱۰۰۸	منظم	۳	H9-3-2				
۱/۹	۱/۵	۱/۵	۱۳۴۰*	۱۲۹۶	منظم	۲	H10-2-1	۲۴۲	بیمارستان (۱۰)		
۱/۹	۱/۵	۱/۵	۱۳۹۵	۷۵۰	منظم	۲	H11-2-1	۱۰۰	بیمارستان (۱۱)		
۱/۴	۰/۸	۱	۱۳۹۳	۸۰۰۰	متوسط در ارتفاع	۲	H12-1-1	۱۰۰	بیمارستان (۱۲)		
۱/۸	۰/۸	۰/۹	۱۳۴۲	۱۶۰۰۰	پلان	۵	H13-5-1	۳۰۰	بیمارستان (۱۳)		
۱/۹	۱/۵	۱/۵	۱۳۹۲	۱۵۰۰	منظم	۱	H13-5-2				
۱/۴	۱	۱	۱۳۸۵	۵۲۵	متوسط در ارتفاع	۲	H13-5-3				
۱/۹	۱/۵	۱/۵	۱۳۹۷	۲۷۶	منظم	۲	H13-5-4				
۱/۴	۱	۱	۱۳۸۵	۴۵۰	متوسط در ارتفاع	۲	H13-5-5				
۱/۴	۰/۳	۰/۴	۱۳۹۸	۱۲۷۳۴	شدید در ارتفاع	۳	H14-1-1	۲۰۰	بیمارستان (۱۴)		
۱/۹	۱	۱/۵	۱۳۸۷	۷۶۳۸	منظم	۴	H15-3-1	۳۰۰	بیمارستان (۱۵)		
۱/۹	۱/۵	۱/۵	۱۳۹۲	۴۶۴	منظم	۲	H16-9-1	۴۵۰	بیمارستان (۱۶)		
۱/۶	۱/۵	۱/۵	۱۳۹۲	۶۲۰۰	منظم	۶	H16-9-2				
۱/۹	۱/۵	۱/۵	۱۳۸۲	۴۳۲	منظم	۱	H16-9-3				
۱/۴	۰/۸	۰/۹	۱۳۸۵	۹۰۴	پلان	۱	H16-9-4				
۱/۴	۰/۸	۰/۹	۱۳۸۵	۱۶۷۲	شدید در ارتفاع	۳	H16-9-5				
۱/۹	۱/۵	۱/۵	۱۳۸۹	۸۸/۵	منظم	۲	H16-9-6				
۱/۹	۱/۵	۱/۵	۱۳۸۹	۴۷۱/۶۸	منظم	۱	H16-9-7				
۱/۴	۰/۸	۰/۹	۱۳۱۲	۵۳۹۶	شدید در ارتفاع	۳	H16-9-8				
۱/۹	۱/۵	۱/۵	۱۳۸۹	۱۸۰	منظم	۲	H16-9-9				

جدول ۴- ادامه

نام بیمارستان	تعداد تخت	نام ساختمان بیمارستان	تعداد طبقات	نوع بی نظمی در هئندسه	مساحت زیر بنا به مترمربع	سال ساخت	امتیاز نهایی طبق روش استفاده شده	
							FEMA P-154	نشریه ۳۶۴
							سطح ۱	سطح ۲
بیمارستان (۱۷)	۱۰۰	H17-6-1	۳	منظم	۸۷۶	۱۳۹۱	۱/۵	۱/۵
		H17-6-2	۱	منظم	۲۶۲	۱۳۶۵*	۱/۵	۱/۵
		H17-6-3	۲	منظم	۶۲۵/۸	۱۳۸۵	۱/۵	۱/۵
		H17-6-4	۱	منظم	۸۳	۱۳۶۰*	۱/۵	۱/۵
بیمارستان (۱۸)	۴۰۰	H18-8-1	۴	منظم	۱۴۵۲	۱۳۹۵	۰/۵	۱/۵
		H18-8-2	۳	منظم	۱۰۸۸	۱۳۸۲	۱/۵	۱/۵
		H18-8-3	۲	پلان	۲۱۵۴	۱۳۸۲	۰/۸	۰/۹
		H18-8-4	۲	منظم	۱۶۸	۱۳۸۲	۱/۵	۱/۵
		H18-8-5	۲	منظم	۴۹	۱۳۸۲	۱/۵	۱/۵
		H18-8-6	۲	منظم	۱۶۰	۱۳۸۲	۱/۵	۱/۵
بیمارستان (۱۹)	۳۰	H19-1-1	۱	پلان	۶۶۹/۳۵	۱۳۶۵*	۰/۸	۰/۹
بیمارستان (۲۰)	۶۰	H20-2-1	۳	منظم	۱۶۲۰	۱۳۸۸	۰/۸	۰/۹
		H20-2-2	۲	پلان	۹۳۶	۱۳۸۸	۱/۵	۱/۵
بیمارستان (۲۱)	۳۶۰	H21-6-1	۴	پلان	۲۲۰۰	۱۳۴۵	۰/۸	۰/۹
		H21-6-2	۳	پلان	۵۲۶۵	۱۳۴۵	۰/۸	۰/۹
		H21-6-3	۳	پلان	۳۶۲۱	۱۳۴۵	۰/۸	۰/۹
		H21-6-4	۲	منظم	۲۴۱۲	۱۳۴۵	۱/۵	۱/۵
		H21-6-5	۱	پلان	۴۸۴	۱۳۴۵	۰/۸	۰/۹
		H21-6-6	۱	منظم	۱۹۰	۱۳۴۵	۱/۵	۱/۵
بیمارستان (۲۲)	۱۰۰	H22-6-1	۱	منظم	۲۴۰	۱۳۸۹	۱/۵	۱/۵
		H22-6-2	۲	شدید در ارتفاع	۹۶۰	۱۳۸۷	۰/۳	۰/۶
		H22-6-3	۱	منظم	۱۸۰	۱۳۹۰	۱/۵	۱/۵
		H22-6-4	۱	منظم	۶۳۰	۱۳۹۰	۱/۵	۱/۵
		H22-6-5	۲	منظم	۲۲۵	۱۳۹۰	۱/۵	۱/۵
		H22-6-5	۱	پلان	۶۳۰	۱۳۶۵*	۰/۸	۰/۹
بیمارستان (۲۳)	۳۵۰	H23-4-1	۱۰	منظم	۱۵۸۴۰	۱۳۸۵	۰/۵	۱/۵
		H23-4-2	۴	منظم	۴۲۶۰	۱۳۸۵	۰/۵	۱/۵
		H23-4-3	۳	منظم	۵۷۷۹/۸	۱۳۸۵	۰/۵	۱/۵
		H23-4-4	۳	منظم	۱۵۲۲/۸	۱۳۸۲	۱/۵	۱/۵

۴-۱- بررسی تعداد طبقات ساختمان‌ها

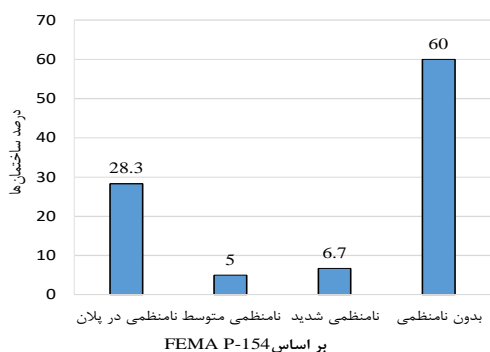
نشریه ۳۶۴ که ساختمان‌ها را به سه گروه تقسیم می‌کند، ۴۸ ساختمان کمتر از ۴ طبقه، ۱۱ ساختمان دارای ۴ تا ۷ طبقه و ۱ ساختمان دارای بیش از ۷ طبقه هستند. تعداد طبقات هر ساختمان با n نشان داده شده است.

۴-۲- بررسی ساختمان براساس نامنظمی

در این بخش به بررسی نامنظمی در هئندسه ساختمان‌ها پرداخته شد.

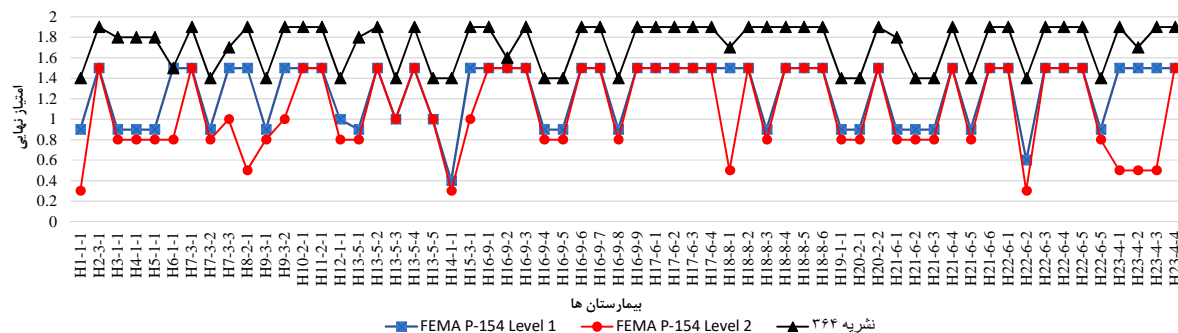
در شکل ۸، به بررسی ساختمان‌ها براساس تعداد طبقات طبق ضوابط هر دو روش پرداخته شده است. شکل ۸- الف، مطابق FEMA P-154 که ساختمان‌ها را از نگاه تعداد طبقات به دو گروه تقسیم می‌کند، ۴۸ ساختمان در گروه (۱-۳) طبقه و ۱۲ ساختمان در گروه بزرگتر از ۳ طبقه قرار دارند. در شکل ۸- ب، مطابق

آسیب‌پذیری ساختمان‌های مورد بررسی پرداخته شده است.



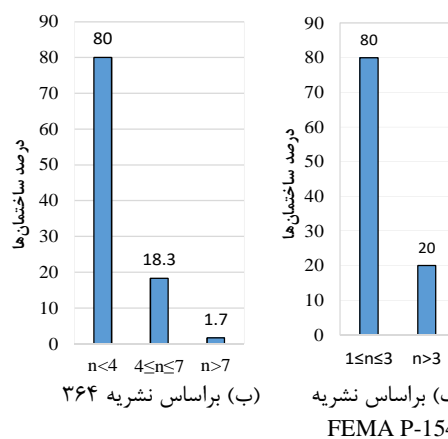
شکل ۹- ساختمان‌های بیمارستانی بتن‌آرمه براساس وجود یا عدم وجود نامنظمی

در شکل ۱۰، امتیازهای نهایی حاصل شده از ارزیابی هر ساختمان بیمارستانی براساس FEMA P154 در سطح ۱-۲ و نشریه ۳۶۴ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۱۰، می‌توان امتیازهای نهایی کسب کرده ساختمان‌ها را براساس روش FEMA-P154 سطح ۱، در پنج دسته و مطابق نشریه ۳۶۴ در شش دسته قرار داد که به ترتیب در شکل‌های شکل ۱۱-الف و ۱۱-ب نشان داده شده است.



شکل ۱۰. امتیازهای حاصله از FEMA P-154 مطابق سطح ۱-۲ و نشریه ۳۶۴

در این چند دهه اخیر برای ارزیابی مقاومت لرزه‌ای انواع ساختمان‌ها در کشورهای مختلف دنیا تلاش‌های فزاینده‌ای صورت‌گرفته است؛ اما با توجه به تنوع ساختمان‌ها و پیچیده بودن اثر و عوامل پارامترهای مختلف در آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌ها، تهیه و تدوین استانداردهای سنجش ضعف بسیار مشکل است.



شکل ۸- ساختمان‌های بیمارستانی بتن‌آرمه براساس تعداد طبقات

همان‌طور که در شکل ۹ ملاحظه می‌گردد، ۱۷ ساختمان با نامنظمی در پلان، ۳ ساختمان با نامنظمی ارتفاعی متوسط، ۴ ساختمان با نامنظمی ارتفاعی شدید و ۳۶ ساختمان بدون نامنظمی می‌باشند.

۳-۴- بررسی براساس شاخص آسیب‌پذیری لرزه‌ای

در بخش‌های قبل پارامترهای مؤثر بر محاسبه شاخص آسیب‌پذیری ساختمان‌های بیمارستانی بتن‌آرمه شهر کابل بررسی گردید. در این بخش به ارائه شاخص

با در نظر گرفتن این دسته‌بندی امتیازهای نهایی به صراحت معلوم می‌شود که روش FEMA P-154 امتیازهای نهایی را نسبت به نشریه ۳۶۴ کمتر تخمین می‌زند که در نتیجه، سطوح آسیب‌پذیری را بیشتر نشان می‌دهد.

۵- مقایسه روش‌های ارزیابی لرزه‌ای سریع

FEMA P-154 و نشریه ۳۶۴

آسیب‌پذیری را مشخص می‌کند. نشریه ۳۶۴ در سال ۱۳۸۷ منتشر شده با توجه به این که فرصتی برای آزمایش آن پیش نیامده است بایستی با احتیاط بیشتری مورد استفاده قرار گیرد و با بازنگری دقیق نسبت به تکمیل و بهینه‌سازی آن اقدام گردد.

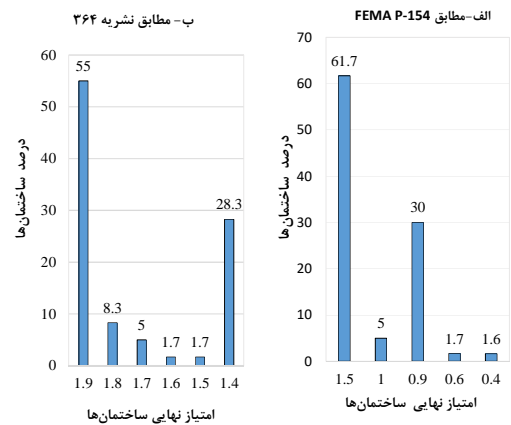
۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش به ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای سریع چشمی ساختمان‌های بیمارستانی بتن‌آرمه شهر کابل با روش‌های FEMA P-154 در سطح ۱-۲ و روش نشریه ۳۶۴ پرداخته شد. روش FEMA P-154 برای کشور ایالات متحده بوده و با توجه به شرایط محیطی و جغرافیایی آن کشور پایه‌ریزی شده است. سایر کشورها استانداردهایی را برای مناطق مختلف خود با استفاده از این روش با توجه به ساختارهای اجتماعی، مصالح و تکنولوژی رایج جوامع خود تطبیق‌سازی و ارائه کرده‌اند.

روش نشریه ۳۶۴ برای کشور ایران است و با توجه به هم‌جواری و مشابهت‌های نزدیک در ساختارهای اجتماعی، مصالح و تکنولوژی رایج بین ایران و افغانستان و عدم وجود نشریه مناسب در این زمینه در افغانستان از روش نشریه ۳۶۴ نیز استفاده شد. با توجه به ارزیابی‌های انجام شده با هر دو روش، روش FEMA P-154 کاربردی‌تر و دقیق‌تر است.

امتیازهای نهایی ساختمان‌های بیمارستانی موجود شهر کابل همه در محدوده $(0.3 \leq S < 2)$ قرار دارند که بیانگر احتمال آسیب‌پذیری لرزه‌ای است.

با در نظر گرفتن امتیاز نهایی، درصد احتمال شکست ساختمان‌های ارزیابی شده بیمارستانی شهر کابل طوری است که ۳۶ ساختمان بیمارستانی با احتمال شکست $3/16\%$ ، ۳ ساختمان بیمارستانی با احتمال شکست $1/10\%$ ، ۱۸ ساختمان بیمارستانی با احتمال شکست $14/4\%$ ، ۱ ساختمان بیمارستانی با احتمال شکست $27/6\%$ و ۱ ساختمان بیمارستانی با احتمال شکست $45/6\%$ است.



شکل ۱۱- دسته‌بندی امتیازهای نهایی مطابق FEMA P-145 سطح ۱ و نشریه ۳۶۴

در هر دو روش مورد استفاده در این پژوهش قسمتی از پارامترهای مؤثر در امر مقاومت لرزه‌ای مدنظر گرفته نشده است؛ اما بازم هر کدام مزایا و معایب خود را نسبت به همدیگر دارند؛ روش FEMA-P154 در هر دو سطح ارزیابی لرزه‌ای سریع، تراکم ساکنین، احتمال پیچش و وجود ناظر را مدنظر قرار نداده است. همچنین این روش با در نظر گرفتن امتیاز نهایی ساختمان، سطوح مشخصی را برای آسیب‌پذیری تعیین نکرده است.

نشریه ۳۶۴، آسیب‌های قبلی ساختمان، احتمال پیچش، اثر ضربه ساختمان‌های مجاور، طبقه نرم و طبقه ضعیف، پدیده ستون کوتاه، خطر سقوط اجزای بیرونی را در ارزیابی چشمی در نمره‌دهی لحاظ نکرده است.

پارامترهای یاد شده اخیر، در آسیب رساندن به ساختمان‌ها نقش مؤثری دارند. در نظر نگرفتن این پارامترها می‌تواند از نقاط ضعف این نشریه باشد؛ اگر در ویرایش‌های بعدی در قسمت تصحیحی ساختمان گنجانیده شوند، اثرات مخرب این پارامترها نیز در نمره‌دهی به ساختمان‌هایی که مورد ارزیابی چشمی قرار می‌گیرد لحاظ خواهد شد.

از نقاط قوت نشریه ۳۶۴ نسبت به FEMA P154، در نظر گرفتن نمره منفی برای عدم وجود ناظران و مشاوران در یک پروژه ساختمانی است. همچنین نشریه ۳۶۴ با توجه به امتیاز نهایی، سطوح مشخصی از

که کاربری اولیه اکثریت این ساختمان‌ها، بیمارستانی نبوده و به هدف بیمارستان طراحی و اجرا نشده است. به این ترتیب با در نظر گرفتن نتایج ارزیابی سریع چشمی، ساختمان‌های بیمارستانی اولویت‌بندی شده و اقدامات لازم بعدی در این مورد صورت گیرد. در ضمن، این ارزیابی لرزه‌ای سریع ساختمان‌های بیمارستانی آغاز کار بوده و ضروری است تا در مرحله اول همه ساختمان‌های شهر کابل ارزیابی لرزه‌ای سریع شده و در مراحل بعد به‌مرور زمان تمام ساختمان‌های کشور افغانستان مورد ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای سریع قرار گیرد.

می‌توان ساختمان‌هایی را که بیشترین درصد احتمال شکست را دارند در اولویت بهسازی قرار داد. برای تحقیقات آینده پیشنهاد می‌شود که ساختمان‌های بیمارستانی ارزیابی شده، مورد بررسی آسیب‌پذیری لرزه‌ای کیفی در دو سطح اولیه و تکمیلی قرار گیرند. بیمارستان‌های موجود دیگر در شهر کابل که متعلق به بخش نظامی (۶ بیمارستان مربوط وزارت‌های دفاع، داخله و ریاست عمومی امنیت ملی) و بخش خصوصی (۵۴ بیمارستان) است نیز مورد ارزیابی لرزه‌ای سریع چشمی قرار گیرند. به ویژه ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای بیمارستان‌های خصوصی بسیار ضروری است، به این علت

References

- [1] Menekşe, A., & Akdağ, H. C. (2022). Seismic Risk Analysis of Hospital Buildings: A Novel Interval-Valued Spherical Fuzzy ARAS. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 12(2). doi: 10.54560/jracr.v12i2.325
- [2] Perrone, D., Aiello, M. A., Pecce, M., & Rossi, F. (2015). Rapid visual screening for seismic evaluation of RC hospital buildings. In *Structures*, 3, 57-70. doi: 10.1016/j.istruc.2015.03.002
- [3] Cimellaro, G. P., Reinhorn, A. M., & Bruneau, M. (2010). Seismic resilience of a hospital system. *Structure and Infrastructure Engineering*, 6(1-2), 127-144. doi: 10.1080/15732470802663847
- [4] Roshani, D., & Karimian, A. (2021). Earthquake Preparedness in Iranian Hospitals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Bulletin of Emergency & Trauma*, 9(1), 1-8. doi: 10.30476/beat.2021.86968
- [5] Mohammad, A. F., Khan, R. A., Siddiqui, M. A., & Hammad, M. (2022). Case Study: Rapid Seismic Assessment of Existing Hospitals in Karachi. *Engineering Proceedings*, 22(1), 8-14. doi: 10.3390/engproc2022022008
- [6] Ardalan, A., Najafi, A., Sabzghabaie, A., Zonoobi, V., Ardalan, S., Khankeh, H., & Zahabi, M. (2011). A pilot study: Development of a local model to hospital disaster risk assessment. *Hospital Journal*, 9(3 and 4), 7-14.
- [7] Organization, W. H. (2015). *Hospital safety index: Guide for evaluators*. World Health Organization, ISBN: 9789241548984, CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- [8] Pan American Health Organization. Emergency Preparedness, & Disaster Relief Coordination Program. (2000). *Principles of disaster mitigation in health facilities*. Pan American Health Org.
- [9] Ayres, J. M., & Phillips, R. J. (1998). Water damage in hospitals resulting from the Northridge earthquake. *ASHRAE Transactions*, 104, 1286.
- [10] Fleming, R. P. (1998). Analysis of fire sprinkler systems performance in the northridge earthquake. *Grant/Contract Reports (NISTGCR)*, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, 98-736.
- [11] Homma, M. (2015). Development of the Japanese national disaster medical system and experiences during the great east Japan earthquake. *Yonago acta medica*, 58(2), 53-61.
- [12] Tokas, C., & Lobo, R. (2010). Risk based seismic evaluation of Pre-1973 hospital buildings using the HAZUS methodology. In *Improving the Seismic Performance of Existing Buildings and Other Structures*, 137-152. doi: 10.1061/41084(364)14
- [13] UNICEF. (2004). *Crisis appeal earthquake in Bam, Iran*. New York: UNICEF.
- [14] Miranda, E., Mosqueda, G., Retamales, R., & Pekcan, G. (2012). Performance of nonstructural components during the 27 February 2010 Chile earthquake. *Earthquake spectra*, 28(1_suppl1), 453-471. doi: 10.1193/1.4000032
- [15] Yavari, S., Chang, S. E., & Elwood, K. J. (2010). Modeling post-earthquake functionality of regional health care facilities. *Earthquake spectra*, 26(3), 869-892. doi: 10.1193/1.3460359
- [16] Pianigiani, M. (2015). *Seismic resilience of hospitals*. Doctoral dissertation, Technische Universität Braunschweig.

- [17] Salinas, C., Salinas, C., & Kurata, J. (1998). The effects of the Northridge earthquake on the pattern of emergency department care. *The American Journal of Emergency Medicine*, 16(3), 254-256. doi: **10.1016/S0735-6757(98)90095-X**
- [18] Safaei, S., Naderpour, H., & Gerami, M. (2020). Reliability assessment of RC frames rehabilitated by eccentrically braces having vertical shear link. *SN Applied Sciences*, 2, 1-14. doi: **10.1007/s42452-020-2288-0**
- [19] Rouhi, H., Gholhaki, M., & Kheyroddin, A. (2017). Assesment and seismic rehabilitation of reinforced concrete building with large-scale external brace. *Civil Infrastructure Researches*, 3(1), 51-67. doi: **10.22091/cer.2017.1943.1077** [In Persian]
- [20] Naderpour, H., Ghodrati Amiri, G., Kheyroddin, A., & Hoseini Vaez, S. R. (2011). Seismic evaluation of retrofitted RC frames using neuro-fuzzy algorithms. In *Proceedings of the 8th International Conference on Structural Dynamics*, EURO DYN, 446-452.
- [21] Rasoolan, I., & Mousavi, S. A. (2018). Vulnerability assessment of RC structures by adopting an approach covering constructional and environmental impacts and presenting rehabilitation solutions-a case study of Abadan Panje Mehr Stadium. *Civil Infrastructure Researches*, 3(2), 61-77. doi: **10.22091/cer.2017.2096.1083** [In Persian]
- [22] Riga, E., Karatzetzou, A., Mara, A., & Pitolakis, K. (2017). Uncertainties in Seismic Risk Assessment at Urban Scale. The Case of Thessaloniki, Greece. *Procedia environmental sciences*, 38, 340-347. doi: **10.1016/j.proenv.2017.03.090**
- [23] Ahmadi, M., Naderpour, H., Kheyroddin, A., & Gandomi, A. H. (2017). Seismic failure probability and vulnerability assessment of steel-concrete composite structures. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 61(4), 939-950. doi: **10.3311/PPci.10548**
- [24] Haji, M. (2017). Study of RC Structures with Different Floor in Progressive Collapse. *Civil Infrastructure Researches*, 2(2), 29-42. doi: **10.22091/cer.2017.827** [In Persian]
- [25] Samadian, D., Ghafory-Ashtiany, M., Naderpour, H., & Eghbali, M. (2019). Seismic resilience evaluation based on vulnerability curves for existing and retrofitted typical RC school buildings. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 127, 105844. doi: **10.1016/j.soildyn.2019.105844**
- [26] Ghaychi Afrouz, S., Farzampour, A., Hejazi, Z., & Mojarab, M. (2021). Evaluation of seismic vulnerability of hospitals in the Tehran metropolitan area. *Buildings*, 11(2), 54-69. doi: **10.3390/buildings11020054**
- [27] Lazzali, F., & Farsi, M. N. (2020). Rapid Seismic Vulnerability Assessment of Buildings in the Old Algiers. *Journal of Materials and Engineering Structures «JMES»*, 7(3), 377-387.
- [28] Ali, S., & Sanghai, S. S. (2020). Seismic Vulnerability Assessment of RC Buildings of Nagpur (North-East) using Rapid Visual Screening. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 8(VI), 630-637. doi: **10.22214/ijraset.2020.6103**
- [29] Bektaş, N., & Kegyes-Brassai, O. (2023). Development in Fuzzy Logic-Based Rapid Visual Screening Method for Seismic Vulnerability Assessment of Buildings. *Geosciences*, 13(1), 6. doi: **10.3390/geosciences13010006**
- [30] Myat Myat, A. M., & Nan, A. M. (2021). Seismic safety assessment of existing low-rise rc buildings with rapid visual screenings and preliminary evaluation methods. *ASEAN Journal on Science and Technology for Development*, 38(1), 29-36. doi: **10.29037/ajstd.649**
- [31] Sinha, A. K. (2022). Rapid visual screening vulnerability assessment method of buildings: a review. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*, 9(88), 326-336. doi: **10.19101/IJATEE.2021.87460**
- [32] Haryanto, Y., Hu, H.-T., Han, A. L., Hidayat, B. A., Widyaningrum, A., & Yulianita, P. E. (2020). Seismic Vulnerability Assessment Using Rapid Visual Screening: Case Study of Educational Facility Buildings of Jenderal Soedirman University, Indonesia. *Civil Engineering Dimension*, 22(1), 13-21. doi: **10.9744/ced.22.1.13-21**
- [33] Guragain, R., & Dixit, A. M. (2004). Seismic vulnerability assessment of hospitals in Nepal. In *13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, Canada.
- [34] Clemente, S. J. C., Arreza, J. S. B., Cortez, M. A. M., Imperial, J. R. C., & Malabanan, M. J. F. (2020). Risk assessment of seismic vulnerability of all hospitals in Manila using rapid visual screening (RVS). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 479(1), 012002. doi: **10.1088/1755-1315/479/1/012002**
- [35] Jain, S. K., Mitra, K., Kumar, M., & Shah, M. (2010). A proposed rapid visual screening procedure for seismic evaluation of RC-frame buildings in India. *Earthquake Spectra*, 26(3), 709-729. doi: **10.1193/1.3456711**
- [36] Khan, S. U., Qureshi, M. I., Rana, I. A., & Maqsoom, A. (2019). Seismic vulnerability assessment of building stock of Malakand (Pakistan) using FEMA P-154 method. *SN Applied Sciences*, 1(12), 1625. doi: **10.1007/s42452-019-1681-z**

- [37] Boyd, O. S., Mueller, C. S., & Rukstales, K. S. (2007). Preliminary earthquake hazard map of Afghanistan. *US Geological Survey Open-File Report, 2007*, 1137.
- [38] Naseri, M. K., & Kang, D. (2017). A primary assessment of society-based earthquake disaster mitigation in Kabul city, Afghanistan. *Journal of Disaster Research, 12*(1), 158-162. doi: **10.20965/jdr.2017.p0158**
- [39] Takabayashi, H. (2019). Seismic Hazard and Risk Assessment of Kabul, Afghanistan Risk Assessment is Piloted in 3 Gozars. *UN-HABITAT Afghanistan-Iran Government*.
- [40] Crone, A. J. (2007). *Earthquakes pose a serious hazard in Afghanistan*, Retrieved from Geological Survey (US) 2327-6932.
- [41] Zhang, J., Gurung, D. R., Liu, R., Murthy, M. S. R., & Su, F. (2015). Abe Berek landslide and landslide susceptibility assessment in Badakhshan Province, *Afghanistan. Landslides, 12*, 597-609. doi: **10.1007/s10346-015-0558-5**
- [42] Baruah, S., Dey, C., Chetia, T., Saikia, S., Molia, N., Borthakur, P., ... & Kayal, J. R. (2022). The June 2022 Afghanistan earthquake MW 6.2: Tectonic implications and Coulomb stress change. *PREPRINT* (Version 1) available at Research Square. doi: **10.21203/rs.3.rs-2336128/v1**
- [43] Ethiopia, K., & Somalia, S. S. (2022). Public health round-up. *Bull World Health Organ, 100*, 468-469. doi: **10.2471/BLT.22.011222**
- [44] Essar, M. Y., Nemat, A., Islam, Z., Ahmad, S., & Shah, J. (2022). Devastating earthquake in Afghanistan amid a humanitarian crisis: a call for action. *The Lancet Global Health, 10*(9), e1244-e1245. doi: **10.1016/S2214-109X(22)00318-7**
- [45] Ruleman, C. A., Crone, A., Machette, M., Haller, K., & Rukstales, K. (2007). Map and database of probable and possible Quaternary faults in Afghanistan. *US Geological Survey Open-File Report, 1103*(1), 39.
- [46] Shnizai, Z. (2020). Mapping of active and presumed active faults in Afghanistan by interpretation of 1-arcsecond SRTM anaglyph images. *Journal of Seismology, 24*(6), 1131-1157. doi: **10.1007/s10950-020-09933-4**
- [47] Coskun, O., Aldemir, A., & Sahmaran, M. (2020). Rapid screening method for the determination of seismic vulnerability assessment of RC building stocks. *Bulletin of Earthquake Engineering, 18*, 1401-1416. doi: **10.1007/s10518-019-00751-9**
- [48] Quittmeyer, R., & Jacob, K. (1979). Historical and modern seismicity of Pakistan, Afghanistan, northwestern India, and southeastern Iran. *Bulletin of the Seismological Society of America, 69*(3), 773-823. doi: **10.1785/BSSA0690030773**
- [49] Ambraseys, N., & Bilham, R. (2014). The tectonic setting of Bamiyan and seismicity in and near Afghanistan for the past twelve centuries. *After the Destruction of Giant Buddha Statues in Bamiyan (Afghanistan) in 2001: A UNESCO's Emergency Activity for the Recovering and Rehabilitation of Cliff and Niches*, 101-152.
- [50] Takabayashi, H. Urban disaster risk reduction strategy in fragile contexts: a case from Kabul, Afghanistan.
- [51] Mohammadi, M., & Fujimi, T. (2016). Surveying earthquake vulnerabilities of district 13 of Kabul City, Afghanistan. *International Journal of Civil and Environmental Engineering, 10*(5), 642-652. doi: **10.5281/zenodo.1124841**
- [52] Reddy, M. D. K., Jeyashree, T., & Reddy, C. D. (2021). A Case Study on Vulnerability Risk Assessment of Buildings in Chennai Using Rapid Visual Screening. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology, 21*83-2192.
- [53] Harirchian, E., & Lahmer, T. (2019). Earthquake hazard safety assessment of buildings via smartphone app: A comparative study. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 652*(1), 012069. doi: **10.1088/1757-899X/652/1/012069**
- [54] Kassem, M. M., Nazri, F. M., & Farsangi, E. N. (2020). The seismic vulnerability assessment methodologies: A state-of-the-art review. *Ain Shams Engineering Journal, 11*(4), 849-864. doi: **10.1016/j.asej.2020.04.001**
- [55] Kassem, M. M., Beddu, S., Ooi, J. H., Tan, C. G., Mohamad El-Maissi, A., & Mohamed Nazri, F. (2021). Assessment of seismic building vulnerability using rapid visual screening method through web-based application for Malaysia. *Buildings, 11*(10), 485. doi: **10.3390/buildings11100485**
- [56] Dung, C., & Care, U. G. C. (2022). RAIN WATER HARVESTING: A. *Management, 827*, 3383. doi: **10.37896/ymer21.08/09**
- [57] Kapetana, P., & Dritsos, S. (2007). Seismic assessment of buildings by rapid visual screening procedures. *Earthquake Resistant Engineering Structures VI, 93*, 409.
- [58] Harirchian, E., & Lahmer, T. (2020). Developing a hierarchical type-2 fuzzy logic model to improve rapid evaluation of earthquake hazard safety of existing buildings. In *Structures, 1384-1399*. doi: **10.1016/j.istruc.2020.09.048**

- [59] Ishack, S., Bhattacharya, S. P., & Maity, D. (2021). Rapid Visual Screening method for vertically irregular buildings based on Seismic Vulnerability Indicator. *International journal of disaster risk reduction*, 54, 102037. doi: **10.1016/j.ijdrr.2021.102037**
- [60] Rupakheti, D., & Apichayakul, P. (2019). Development of rapid visual screening form for Nepal based on the data collected from-its 2015 earthquake. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 365(1), 012027. doi: **10.1088/1755-1315/365/1/012027**
- [61] Ningthoujam, M., & Nanda, R. P. (2018). Rapid visual screening procedure of existing building based on statistical analysis. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 28, 720-730. doi: **10.1016/j.ijdrr.2018.01.033**
- [62] Federal Emergency Management Agency, FEMA P-154. (2015). *Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook*. Federal, Washington, D.C. USA.
- [63] Rojahn, C. (1988). Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: *A handbook*, 21, Federal Emergency Management Agency.
- [64] Özbay, A. E. Ö., Karapınar, I. S., & Ünen, H. C. (2020). Visualization of seismic vulnerability of buildings with the use of a mobile data transmission and an automated GIS-based tool. In *Structures*, 50-58. doi: **10.1016/j.istruc.2020.01.004**
- [65] Federal Emergency Management Agency, FEMA P-155. (2015). *Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: Supporting documentation: Government Printing Office*. 3rd ed.; Washington, DC, USA.
- [66] Yang, Y., & Goettel, K. A. (2007). *Enhanced rapid visual screening (E-Rvs) method for prioritization of seismic retrofits in Oregon*. Portland, OR, USA: Oregon Department of Geology and Mineral Industries.
- [67] Rapid Seismic Evaluation of Existing Building. (2008). Office of Deputy for Strategic Monitoring Bureau of Technical Execution Systems. No. 364.