

## آسیب پذیری لرزه ای شهر یزد

وحید رشیدی نیا<sup>۱</sup>، سید علی رضویان امرئی<sup>۲\*</sup>، غلامرضا قدرتی امیری<sup>۳</sup>

۱- کارشناس ارشد مهندسی زلزله، گروه عمران، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

۲- استادیار، گروه عمران، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۳- استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

### چکیده

با توجه به واقع شدن ایران بر روی یکی از دو کمربند زلزله خیز جهان و وجود گسل های فراوان، وقوع زلزله در فلات ایران امری طبیعی است. هدف از این مطالعه بررسی آسیب پذیری شهر یزد در اثر زلزله طرح استاندارد ۲۸۰۰ ایران می باشد. در این مطالعه آسیب پذیری کل سازه ها با توجه به نوع خاک منطقه از روش HAZUS بدست آمده و براساس آن آسیب پذیری ساخت و ساز انواع سازه ها در مناطق مختلف بررسی می گردد و براساس سطوح آسیب سازه میزان خسارت و تلفات جانی برای هر محدوده به تفکیک محاسبه می شود. در نهایت با توجه به نتایج مشخص گردید که مناطق یک و دو بدلیل تراکم جمعیتی و فرسوده بودن اکثر سازه ها بیشترین تلفات جانی را داشته و منطقه ۳ بیشترین خسارات مالی و سازه ای را داشته و آسیب پذیر می باشند.

**کلمات کلیدی:** آسیب پذیری لرزه ای، منحنی شکنندگی، یزد، زلزله

\*نویسنده مسئول: سید علی رضویان امرئی

پست الکترونیکی: ali\_razavian@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۳/۰۲، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۹/۰۹

## ۱- مقدمه

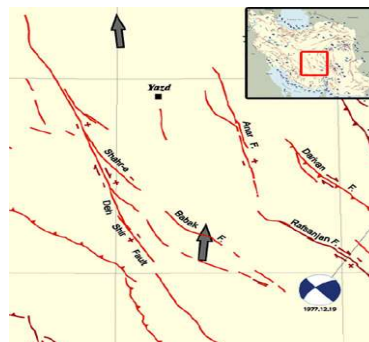
بسیاری از مطالعات تحلیل خطرپذیری بعد از زلزله سان فرناندو (۱۹۷۱) آغاز گردید. تمرکز اصلی این مطالعات بر تلفات جانی بود. در سالهای اخیر تمرکز اصلی بر روی راهها، سیستمهای ارتباطی و شریانهای حیاتی می‌باشد. نرم افزار HAZUS توسط آژانس مدیریت بحران فدرال در راستای پیش بینی آسیب پس از زلزله معرفی گردید که آسیب‌ها در یک شهر و یا یک منطقه را بدست می‌آورد [۱]. با توجه به اینکه نرم افزار مذکور برای آمریکا خصوصی سازی شده و امکان استفاده از آن در مناطق دیگر وجود نداشت محققان در کشورهای مختلف بر آن شدند که مشابه آن را برای مناطق خود پیاده سازی کنند. در این خصوص نرم افزارهای مختلفی از جمله SELENA [۲] معرفی شد. در این مطالعه آسیب پذیری شهر یزد در اثر زلزله طرح استاندارد ۲۸۰۰ براساس این نرم افزار مورد بررسی قرار می‌گیرد. استان یزد به ویژه شهر یزد با برخورداری از ارزش‌های معماری و بتنی شهرهای حاشیه کویر و نیز از آنجا که مجموعه‌ای از آثار باستانی و بناهای تاریخی را در خود جای داده است، در بین شهرهای ایران حائز اهمیت است. قرارگیری این استان در بین راههای ارتباطی شمال و جنوب کشور و امکانات زیربنایی، موقعیت ویژه‌ای به این استان بخشیده است. در محدوده شهر یزد گسل‌های دهشیر، یزد، شهر بابک و انار واقع شده است (شکل ۱). سوابق لرزه خیزی شهر یزد نشان دهنده آنست که تا کنون زلزله‌ای بیش از ۵/۵ ریشتر در این شهر رخ نداده است. میزان جمعیت شهر در جدول ۱ و مساحت سازه‌های موجود به تفکیک جنس سازه در جدول ۲ ارائه شده است. شهر یزد به ۴ منطقه و ۴۰ محله تقسیم شده است.

جدول ۱: مساحت ساختمان‌های موجود در شهر یزد برحسب مترمربع (سال ۱۳۹۰) [۴]

منطقه	زیربنای سازه‌های بنایی	زیربنای سازه‌های بتنی	زیربنای سازه‌های فولادی
۱	۱۴۳۲۲۵۹۹	۲۵۹۵۷۸	۳۶۰۲۶
۲	۱۵۴۱۰۹۱۳	۳۰۱۸۰۸	۳۱۰۲۰
۳	۲۶۷۵۰۶۷۲	۲۶۲۲۸۸۶	۸۳۴۰۲
۴ (تاریخی)	۵۸۷۱۶۹۱	۸۲۷۱۱۷	۱۸۳۳

جدول ۲: جمعیت برحسب تفکیک مناطق شهر یزد [۵]

منطقه	جمعیت در سال ۱۳۹۰
۱	۱۸۶۵۳۶
۲	۱۶۹۵۴۱
۳	۱۵۴۹۰۸
۴ (تاریخی)	۴۰۸۷۸



شکل ۱: نقشه گسل‌های استان یزد [۳].

## ۲- روش تحقیق

در این مطالعه از نرم افزار [2] SELENA ver6 استفاده شده است. این نرم افزار بر پایه اصول روش [1] HAZUS نوشته شده است. در این روش منحنی پاسخ بر اساس نوع خاک و استاندارد [6] IBC-2006 بدست آمده و اثر میرایی انواع سازه ها با روش ذکر شده در [7] FEMA 440 اعمال می‌گردد. سازه ها با انواع و کاربری های مختلف تقسیم شده‌اند و اطلاعات هر منطقه از داده ها و سرشماری های سال ۱۳۹۰ مرکز آمار ایران و نقشه GIS شهر یزد [۸] بدست آمده است. روش استفاده شده برای تحلیل خطر پذیری در این مطالعه مطابق استاندارد روز بوده، با این تفاوت که دلیل عدم وجود داده در مورد اجزای غیرسازه‌ای صرفاً تلفات و خسارات ناشی از اجزای سازه‌ای محاسبه شده است.

## ۳- معرفی سازه ها

در جدول ۳، ۱۷ نوع سازه وجود دارد که از ۳۶ نوع سازه موجود در HAZUS با توجه به اطلاعات دریافتی برای شهر یزد انتخاب شده‌اند.

جدول ۳: انواع سازه های موجود در HAZUS برای شهر یزد [۱]

ردیف	برچسب	توضیحات	ارتفاع		
			محدوده	میانگین	ارتفاع
			نوع	طبقات	طبقات
۱	S1L	سازه های فولادی قاب خمشی ۱ تا ۳ طبقه	کوتاه	۱-۳	۲
۲	S1M	سازه های فولادی قاب خمشی ۴ تا ۸ طبقه	متوسط	۴-۸	۵
۳	S1H	سازه های فولادی قاب خمشی بیش از ۸ طبقه	بلند	+۸	۱۳
۴	S2L	سازه های فولادی بادبندی ۱ تا ۳ طبقه	کوتاه	۱-۳	۲
۵	S2M	سازه های فولادی بادبندی ۴ تا ۸ طبقه	متوسط	۴-۸	۵
۶	S2H	سازه های فولادی بادبندی بیش از ۸ طبقه	بلند	+۸	۱۳
۷	S4L	سازه های فولادی با دیوار برشی ۱ تا ۳ طبقه	کوتاه	۱-۳	۲
۸	S4M	سازه های فولادی با دیوار برشی ۴ تا ۸ طبقه	متوسط	۴-۸	۵
۹	S4H	سازه های فولادی با دیوار برشی بیش از ۸ طبقه	بلند	+۸	۱۳
۱۰	C1L	سازه های بتنی قاب خمشی ۱ تا ۳ طبقه	کوتاه	۱-۳	۲
۱۱	C1M	سازه های بتنی قاب خمشی ۴ تا ۸ طبقه	متوسط	۴-۸	۵
۱۲	C1H	سازه های بتنی قاب خمشی بیش از ۸ طبقه	بلند	+۸	۱۳
۱۳	C2L	سازه های بتنی با دیوار برشی ۱ تا ۳ طبقه	کوتاه	۱-۳	۲
۱۴	C2M	سازه های بتنی با دیوار برشی ۴ تا ۸ طبقه	متوسط	۴-۸	۵
۱۵	C2H	سازه های بتنی با دیوار برشی بیش از ۸ طبقه	بلند	+۸	۱۳
۱۶	URML	سازه های بتنی کوتاه	کوتاه	۱-۲	۱
۱۷	URMM	سازه های بتنی متوسط	متوسط	+۳	۳

## ۴- معرفی انواع کاربری ها

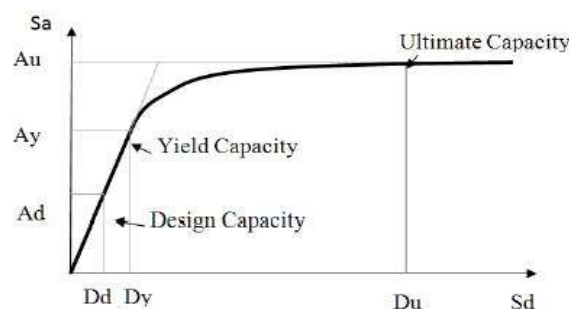
تلفات جانی و خسارت اقتصادی با توجه به کاربری سازه ها متفاوت است. در این مطالعه ۶ نوع کاربری عمده سازه ها در یزد به شرح زیر در نظر گرفته شده است: مسکونی (RES)، تجاری (COM1)، بهداشتی (COM6)، خدماتی (COM3)، اداری (GOV) و آموزشی (EDU).

در تعیین نوع خاک از روش طیف پاسخ استاندارد براساس آیین نامه [6] IBC-2006 استفاده گردیده است. در این روش حرکت زمین با استفاده از شکل طیف پاسخ استاندارد شده که در IBC ارائه شده به چهار قسمت تقسیم می گردد، همچنین در این طیف نیاز به محاسبه شتاب در دو پریود زمانی ۰,۳ ثانیه و ۱,۰ ثانیه می باشد.

$$\begin{aligned}
 Sa(T) &= Sa_{0.3} \left( 0.4 + \frac{T}{T_A} \right) & T < T_A \\
 Sa(T) &= Sa_{0.3} & T_A < T < T_{AV} \\
 Sa(T) &= \frac{Sa_{1.0}}{T} & T_{AV} < T < T_{VD} \\
 Sa(T) &= \frac{Sa_{1.0} T_{VD}}{T^2} & T_{VD} < T < 10 \text{ s}
 \end{aligned} \tag{1}$$

در حال حاضر اغلب سازه ها جهت سهولت به جای روش های غیرخطی به صورت الاستیک خطی طراحی و ارزیابی می شوند. برای طراحی سازه در حالت الاستیک پاسخ های با ۵ درصد میرایی توسط ضریب کاهش R کاهش داده می شوند. که این ضریب با توجه به سازه های مختلف متفاوت است. ضرایب کاهش با توجه به تجربه، قضاوت مهندسی، توانایی تغییر شکل غیرالاستیک (شکل پذیری) سیستم سازه ای، اضافه مقاومت، میرایی بیش از ۵ درصد در تغییر شکل های زیاد و پارامترهای دیگر که در ظرفیت سازه موثر هستند، بدست می آید. اگر چه این روش که بر پایه نیرو قرارداد از لحاظ تحلیل مهندسی معقول به نظر نمی رسد، با این وجود سازه های طراحی شده به این شکل در سال های اخیر در اثر زلزله های اتفاق افتاده، پاسخ های قابل قبولی از خود نشان داده اند. منحنی ظرفیت سازه یک ابزار دقیق ساده و منطقی برای پیش بینی پاسخ (جابجایی) غیر خطی سازه جهت تعیین آسیب می باشد. منحنی ظرفیت سازه (pushover curve) یک نمودار از بار جانبی وارده به سازه (مثلاً سقف آخر) را نشان می دهد. نمودار ظرفیت سازه سه نقطه کنترل دارد که عبارتند از: ظرفیت طراحی - ظرفیت تسلیم - ظرفیت نهایی (شکل ۲).

ظرفیت طراحی بیان کننده مقاومت اسمی سازه می باشد که توسط آیین نامه تعریف شده است. ظرفیت تسلیم نشان دهنده مقاومت جانبی واقعی سازه با لحاظ کاهش نیرو در طراحی، ملاحظات آیین نامه و مقاومت واقعی مصالح می باشد و ظرفیت نهایی مشخص کننده بیشترین مقاومت سازه در زمانی که سازه به حالت خمیری کامل می رسد می باشد.



شکل ۲: منحنی ظرفیت سازه [۱].

پارامترهای منحنی ظرفیت براساس جدول های HAZUS<sup>۱</sup> برای سازه های فولادی و بتنی براساس سطوح طراحی متوسط<sup>۲</sup> و برای سازه های بنایی براساس سطوح طراحی پایین<sup>۳</sup> استفاده شده است. برای بدست آوردن عملکرد سازه از روش طیف ظرفیت اصلاح شده<sup>۴</sup> استفاده گردید.

جدول ۴: پارامترهای منحنی ظرفیت برای سطح طراحی [Moderate Code] [۱]

Ultimate Capacity Point		Yield Capacity Point		Building Type
Au (g)	Du (in)	Ay(g)	Dy(in)	
۰.۳۷۵	۵.۵	۰.۱۲۵	۰.۳۱	S1L
۰.۲۳۴	۱۰.۶۵	۰.۰۷۸	۰.۸۹	S1M
۰.۱۴۷	۲۰.۹۶	۰.۰۴۹	۲.۳۳	S1H
۰.۴	۳.۷۶	۰.۲	۰.۳۱	S2L
۰.۳۳۳	۹.۷	۰.۱۶۷	۱.۲۱	S2M
۰.۲۵۴	۲۳.۲۴	۰.۱۲۷	۳.۸۷	S2H
۰.۳۶	۲.۵۹	۰.۱۶	۰.۱۹	S4L
۰.۳	۴.۹۱	۰.۱۳۳	۰.۵۵	S4M
۰.۲۲۸	۱۱.۷۶	۰.۱۰۲	۱.۷۴	S4H
۰.۳۵۷	۳.۵۲	۰.۱۲۵	۰.۲	C1L
۰.۳۱۲	۶.۹۱	۰.۱۰۴	۰.۵۸	C1M
۰.۱۴۷	۹.۰۵	۰.۰۴۹	۱.۰۱	C1H
۰.۵	۳.۶	۰.۲	۰.۲۴	C2L
۰.۴۱۷	۵.۱۹	۰.۶۷	۰.۵۲	C2M
۰.۳۱۷	۱۱.۰۲	۰.۱۲۲۷	۱.۴۷	C2H
				URML
				URMM

تابع آسیب به صورت منحنی شکنندگی نیمه لگاریتمی به صورت شکل ۳ تعریف گردیده است که باعث گردیده تا سطوح آسیب در چهار سطح آسیب خفیف، متوسط، گسترده و کامل تعریف گردد. پارامترهای منحنی شکنندگی براساس جداول HAZUS برای سازه های مختلف در نظر گرفته شده است.

هر زلزله علاوه بر تلفات جانی، خسارت های مالی و اقتصادی نیز در بردارد که این خسارات از آسیب های مستقیم و مشخص شروع و تا چندین سال ممکن است ادامه داشته باشد. خسارات می تواند شامل آسیب به سازه، آسیب به اجزای غیر سازه ای، آسیب دیدن لوازم درون ساختمان (که این موارد در مکان های عمومی مانند بیمارستان ها و مراکز صنعتی بسیار مورد توجه است)، آسیب دیدن راه ها، بندرگاه ها و فرودگاه ها و سایر مناطقی که آسیب به آنها باعث از بین رفتن رونق اقتصادی و تجاری می گردد باشد. خسارات اقتصادی براساس نوع آسیب وارده و یا در مواردی جایگزینی ساختمان براساس پول ملی ایران (ریال) محاسبه گردیده است.

1- HAZUS is a geographic information system-based natural hazard developed and freely distributed by the Federal Emergency Management Agency (FEMA)

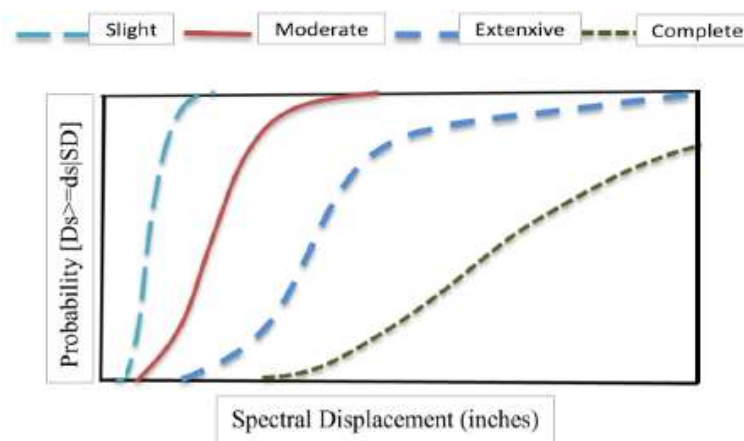
2- Moderate Code

3- Low Code

4- (MARS) Modified Acceleration Response Spectrum

جدول ۵: پارامترهای منحنی ظرفیت برای سطح طراحی Low Code [۱]

Ultimate Capacity Point		Yield Capacity Point		Building Type
Au (g)	Du (in)	Ay(g)	Dy(in)	
۰.۱۸۷	۲.۲۹	۰.۰۶۲	۰.۱۵	S1L
۰.۱۱۷	۴.۴۴	۰.۰۳۹	۰.۴۴	S1M
۰.۰۷۳	۸.۷۳	۰.۰۲۴	۱.۱۶	S1H
۰.۲	۱.۵۷	۰.۱	۰.۱۶	S2L
۰.۱۶۷	۴.۰۴	۰.۰۸۳	۰.۶۱	S2M
۰.۱۲۷	۹.۶۸	۰.۰۶۳	۱.۹۴	S2H
۰.۱۸	۱.۰۸	۰.۰۸	۰.۱	S4L
۰.۱۵	۲.۰۵	۰.۰۶۷	۰.۲۷	S4M
۰.۱۱۴	۴.۹	۰.۰۵۱	۰.۸۷	S4H
۰.۱۸۷	۱.۴۷	۰.۰۶۲	۰.۱	C1L
۰.۱۵۶	۲.۸۸	۰.۰۵۲	۰.۲۹	C1M
۰.۰۷۳	۳.۷۷	۰.۰۲۴	۰.۵	C1H
۰.۲۵	۱.۵	۰.۱	۰.۱۲	C2L
۰.۲۰۸	۲.۱۶	۰.۰۸۳	۰.۲۶	C2M
۰.۱۵۹	۴.۵۹	۰.۰۶۳	۰.۷۴	C2H
۰.۴	۲.۴	۰.۲	۰.۲۴	URML
۰.۲۲۲	۱.۸۱	۰.۱۱۱	۰.۲۷	URMM



شکل ۲: نمونه یک منحنی شکنندگی [۱].

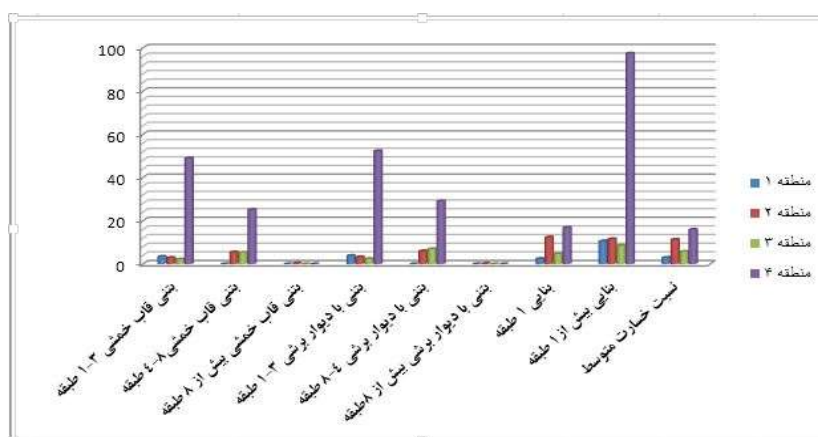
ارزیابی تلفات براساس خسارت وارد بر سازه محاسبه می‌گردد، که در زلزله‌های با شدت کمتر تلفات غیرسازه‌ای تعیین کننده هستند و در زلزله‌های با شدت بیشتر تلفات سازه‌ای سهم عمده‌ای از تلفات را برعهده دارند. آسیب‌ها و جراحات وارده در این قسمت به چهار دسته تقسیم‌بندی می‌شود: جراحات سطح ۱ (خفیف)، سطح ۲ (متوسط)، سطح ۳ (شدید) و سطح ۴ (کامل). برای محاسبه و پیش‌بینی میزان خسارات سه زمان در نظر گرفته شده است که این زمان‌ها عبارتند از: ساعت ۲ بامداد که اکثر مردم در این زمان در منزل می‌باشند، ساعت ۱۰ صبح که اکثر مردم در محل کار، دانشگاه و یا مدرسه می‌باشند و ساعت ۱۷ بعدازظهر که در این زمان اکثریت مردم محل کار خود را ترک کرده و در مسیر برگشت یا محل سکونت می‌باشند (جدول ۶).

تحلیل خطرپذیری لرزه ای دارای خروجی ها و نتایج متنوعی می باشد، تنوع بسیار زیاد نتایج و همچنین وجود سازه های مختلف با کاربری های متنوع اغلب باعث می شود که مقایسه مناطق آسیب دیده با مشکل روبرو گردد. لذا نسبتی تعریف شده که نسبت خسارت متوسط نامیده شده است. با این نسبت خسارات وارده به نوع سازه، مناطق مختلف و شهرهای مختلف قابل مقایسه می باشند. روش تحلیلی این نرم افزار به سه صورت: آنالیز قطعی<sup>۲</sup>، آنالیز احتمالاتی<sup>۳</sup> و آنالیز با داده های واقعی<sup>۴</sup> می باشد.

نرم افزار سلنا پس از تحلیل اطلاعات ورودی، خروجی هایی در هشت مجموعه ارائه می دهد که عبارتند از: نسبت خسارت متوسط، میزان خسارت مالی، تلفات جانی در سه بازه زمانی ذکر شده، درصد و احتمال آسیب پذیری سازه ها، زیربنای آسیب دیده برحسب نوع آسیب. شکل های ۴-۷ جوابهای آنالیز را نمایش می دهند.

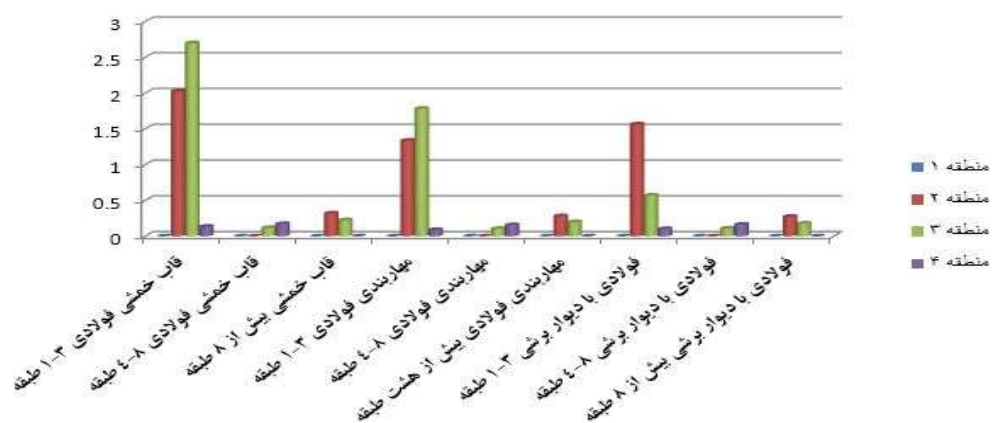
جدول ۶: توزیع جمعیت در محل مورد مطالعه در زمان های مختلف طبق HAZUS [۱]

Distribution of People in Census Tract			
Occupancy	2 : 00 a.m.	10:00 a.m.	5:00 p.m.
Indoors			
Residential	(0.999)0.99(NRES)	(0.7)0.75(DRES)	(0.7)0.5(NRES)
Commercial	(0.999)0.02(COMW)	(0.999)0.98(COMW)+ (0.80)0.20(DRES)+ 0.8(Hotel)+ 0.8(Visit)	0.98[0.50(COMW)+ 0.1(NRES)+ 0.70(HOTEL)]
Educational		(0.90)0.80(GRAD)+ 0.8(COLLEGE)	(0.8)0.5(COLEGE)
Industrial	(0.999)0.1(INDW)	(0.90)0.80(INDW)	(0.90)0.50(INDW)
Hotels	0.999(HOTEL)	0.19(HOTEL)	0.299(HOTEL)
Outdoors			
Residential	(0.001)0.99(NRES)	(0.30)0.75(DRES)	(0.30)0.50(NRES)
Commercial	(0.001)0.02(COMW)	(0.01)0.98(COMW)+ (0.20)0.20(DRES)+ (0.20)(VISIT) + 0.50(1-PRFIL)0.05(pop)	0.02[0.50(COMW)+ 0.1(NRES)+ 0.70(HOTEL)+ 0.5(1-PRFIL) [0.05(POP)-1.0(COMM)]
Educational		(0.10)0.80(GRADE)+ 0.20(COLLEGE)	(0.20)0.50(COLLEGE)
Industrial	(0.001)0.10(INDW)	(0.1)0.80(INDW)	(0.1)0.50(INDW)
Hotels	0.001(Hotel)	0.01(HOTEL)	0.001(HOTEL)

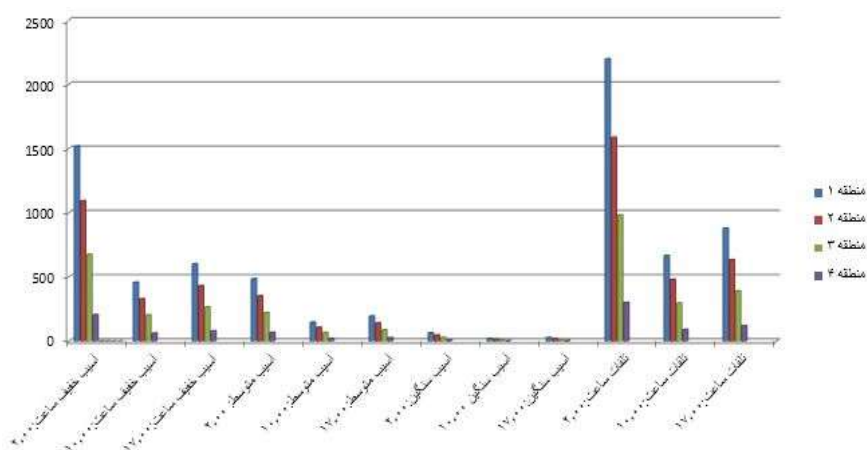


شکل ۴: نسبت خسارت متوسط به سازه های بتنی و بتابی.

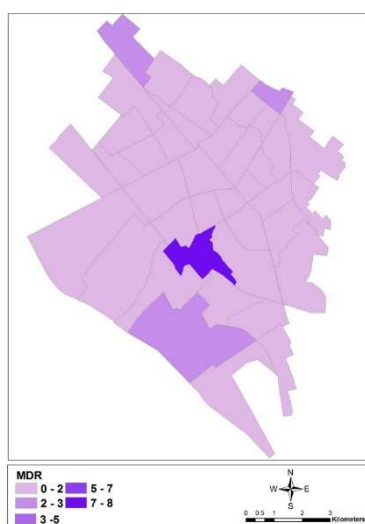
- 2- Deterministic analysis
- 3- Probabilistic analysis
- 4- Analysis with real time data



شکل ۵: نسبت خسارت متوسط به سازه های فولادی.



شکل ۶: آسیب جانی ایجاد شده براساس زلزله طرح استاندارد ۲۸۰۰.



شکل ۷: نسبت خسارت متوسط براساس زلزله استاندارد ۲۸۰۰.



## ۵- نتیجه گیری

- ۱- براساس اطلاعات اولیه بیشترین زیربنای سازه های موجود در شهر یزد از جنس بنایی و پس از آن بتنی و فولادی می باشند که با توجه به رده بندی مقاومتی سازه ها کمترین قدرت مقاومت در برابر زلزله را سازه های بنایی دارا می باشند. با توجه به این بحث لزوم بازنگری و مقاوم سازی در طراحی های شهر یزد بسیار حائز اهمیت می باشد.
- ۲- منطقه چهار شهر یزد با توجه به سازه های متراکم تاریخی، بنایی، خشت و گل آسیب پذیر می باشد. مناطق یک و دو شهر یزد با توجه به وجود بیش از ۶۴٪ جمعیت شهر در این نواحی بیشترین تلفات در ساعات مختلف شبانه روز را دارا می باشند.
- ۳- خسارات اقتصادی تحلیل خطرپذیری لرزه ای احتمالاتی شهر یزد نشان دهنده آنست که بیشترین میزان خسارات مربوط به منطقه سه شهر یزد می باشد که رقمی در حدود ۴۳٪ از کل را شامل می گردد که بدلیل گسترش این ناحیه از نظر مساحت و تراکم سازه ای منطقی به نظر می رسد.

در این مطالعه فقط آسیب های سازه ای و جانی در هنگام رخداد زلزله مورد بررسی قرار گرفته، لذا تلفات جانی به دلایلی از قبیل عدم آموزش صحیح در اقدامات بعد از رویداد زلزله، عدم امکان امداد رسانی به موقع و ... به مراتب بیشتر از این مقادیر خواهد بود.

## مراجع

- [1] Multi-hazard Loss Estimation Methodology, Technical manual, Federal Emergency Management Agency, Washington DC, USA. (2003)
- [2] Sergio Molina, Dominik H. Lang, Conrad D. Lindholm, Fredrik Lingvall, and Emrah Erduran, June 28, 2012, Manual for the Earthquake Loss Estimation, Tool: SELENA v6.0
- [3] نقشه گسلهای فعال ایران، حسامی و همکاران، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۸۲.
- [4] آمار سازه ای بناهای شهر یزد، سازمان آمار و فناوری اطلاعات شهرداری شهر یزد، ۱۳۹۰.
- [5] نتایج سرشماری جمعیت ومسکن، مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰.
- [6] International Building Code (IBC-2006). Technical report, International Code Council, United States, January (2006)
- [7] Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures. FEMA-440, Technical report, Applied Technology Council (ATC), California, USA, (2005)
- [8] اداره مسکن و شهرسازی استان یزد، نقشه GIS شهر، ۱۳۹۰.
- [9] آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش سوم، مرکز تحقیقات و ساختمان ومسکن، ۱۳۸۴.