

ارزیابی خطرپذیری لرزه‌ای شهرکرد

سید علی رضویان امرئی^۱، غلامرضا قدرتی امیری^۲، صفدر زینلی راستابی^{۳*}

۱- استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه پیام نور تهران

۲- استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

۳- کارشناس ارشد مهندسی زلزله، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد

چکیده

پیشرفت علوم مهندسی زلزله باعث شده که تا حدودی بتوان شدت زلزله احتمالی در مناطق مختلف را پیش بینی کرد. اما هنوز تشخیص این موضوع امکان پذیر نشده است. بنابراین باید تدابیری اتخاذ شود تا بتوان کمترین تلفات در هنگام این رخداد طبیعی بوجود آید. این تحقیق با هدف پیش بینی تلفات و خسارات ناشی از زلزله با استفاده از آمار سازه‌ای و جمعیتی و بهره‌گیری از نرم افزار SELENA ver6.0 انجام شده است. روش استفاده شده در این تحقیق روش HAZARD US است. در این روش منحنی پاسخ بر اساس نوع خاک و استاندارد IBC-2006 بدست آمده و اثر میرایی انواع سازه‌ها با روش ذکر شده در FEMA 440 اعمال شده است. از نتایج بدست آمده می‌توان دریافت که بافت قدیمی شهر که حوزه‌های ۱ تا ۴ و ۱۰ تا ۱۲ را شامل می‌شوند بدلیل قدیمی بودن اکثر سازه‌ها و تراکم جمعیتی آسیب پذیرتر هستند.

کلمات کلیدی: خطرپذیری، شهرکرد، خسارت، زلزله

Seismic Risk Assessment of Shahrekord

Seyyed Ali Razavian Amrei¹, Gholamreza Ghodrati Amiri², Safdar Zeinali Rastabi^{3*}

1- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Payame Noor University

2- Professor, Department of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology

3- MSc in Earthquake Engineering, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Shahrekord Branch

Abstract

Due to earthquake science advances, the prediction of probable earthquake intensity in different regions is approximately possible. But it is not possible to predict the time of earthquake occurrence, so there should be considered some other measures to have the lowest losses during this natural event. This research aims to predict the losses and damages caused by the earthquake and to utilize statistics and population structure using SELENA software. HAZARD US method is used in this study. In this method, the response curve achieved based

* مؤلف مسئول: صفدر زینلی راستابی zeinali2149@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله: ۹۳/۲/۷، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۳/۱۲/۱۷

on soil type and IBC-2006 standard and damping effect of structures listed on the FEMA 440 approach is applied. The results show that because of old structures and population density, the fabric of the old city including regions 1 to 4 and 10 to 12 are more vulnerable.

Keywords: Seismic risk, Shahrekord, Damage, Earthquake.

۱- مقدمه

طی قرن‌ها بشر آموخته است تا با توجه به شرایط آب و هوای محلی چگونگی خانه و کاشانه خود را در مقابل آسرب ناشی از پدیده‌های طبیعی مصون سازد. زمین لرزه یکی از جمله پدیده‌های طبیعی است که بانی افرادی که در مناطق زلزله خیز زندگی می‌کنند در مقابل خطر آن خود را مصون نمایند. در کشور ما متأسفانه به علت عدم شناخت کافی افراد از این پدیده طبیعی، هر از چندی وقوع آن زلزله‌های جانی و مالی سنگینی به دنبال دارد.

زلزله به خودی خود شایع تنها آزاد شدن انرژی زمین است اما زمانی که در شهرها و روستاها و مناطق پرجمعیت به وقوع می‌انجامد می‌تواند فاجعه بباراند. افزایش جمعیت و به تبع آن وسعت شهرها و روستاها باعث شده که تقریباً در هر زلزله شدیدی که روی می‌دهد شاهد تلفات جانی و مالی هستیم. از ابتدای قرن بیستم تا قبل از دهه ۱۱۰۰ میلادی آخر آن بخش از زلزله مخرب در جهان به وقوع پیوسته که کشته‌های آن بیشتر از یک و نیم میلیون نفر می‌باشد که نصف این مقدار در چین اتفاق افتاده است. تعداد زلزله‌های کشنده در چین دو برابر یونان است ولی تعداد تلفات آن هزار برابر است [۱]. پس می‌توان نتیجه گرفت که تراکم جمعیت اثر شدیدی در تعداد تلفات دارد.

تاکنون شواهدی مبری بر فعالیت گسل‌های مجاور شهرستان شهرکرد ارائه نشده است و در صورت فعال بودن این با توجه به تک شاخه ای بودن و گریختگی سطحی محدود این گسل‌ها محل شهرستان شهرکرد در فاصله امنی از آنها قرار خواهد گرفت. با این وجود نمی‌توان از خطرات احتمالی پیش بینی نشده گذشت.

۲- ساختار نظری و کلی تحقیق

در این تحقیق اطلاعات آماری وضعیت موجود شهر شهرکرد بدست آمده است [۲]. این اطلاعات حاوی زیربنای سازه‌ها به تفکیک نوع سازه‌ها و کاربری آنها، جمعیت و نوع خاک منطقه بدست می‌باشد. روش استفاده شده روش HAZARD US است. در این روش منحنی پاسخ بر اساس نوع خاک و استاندارد [۳] IBC-2006 بدست آمده و اثر میرایی انواع سازه‌ها با روش ذکر شده در FEMA 440 [۴] اعمال می‌گردد. منحنی ظرفیت از جداول [۵] HAZUS بدست آمده و در نهایت عملکرد سازه تعیین می‌گردد. با استفاده از جابجایی بدست آمده و اطلاعات قبلی زیربنای آسیب دیده و همچنین تعداد افراد آسیب دیده تعیین می‌شوند.

این مدل در حقیقت دستورالعمل نرم افزار است، اگر چه بسیار کامل و به تفصیل مستند شده است ولی با توجه به اینکه این نرم افزار برای ایالات متحده آمریکا خصوصاً سازی شده است، امکان استفاده از نرم افزار برای مناطق دیگر وجود ندارد بنابراین از نرم افزار SELENA استفاده شده است. با توجه به عدم دسته‌بندی مناسب سازه‌های موجود از تقسیم‌بندی سازه‌ها در HAZUS استفاده شده است.

۲-۱- معرفی سازه‌ها و کاربری‌ها

۱۵ نوع سازه که از ۳۶ نوع سازه موجود در HAZUS برای شهر شهرکرد انتخاب شده است. که تفکیک آنها بر اساس نوع سازه (بتنی، فلزی، بنایی) و تعداد طبقات (کوتاه، متوسط، بلند) می‌باشد.

تلفات جانی و خسارت‌های اقتصادی با توجه به کاربری‌های سازه متفاوت است. در این مطالعه ۶ نوع کاربری عمده سازه‌ها در شهرکرد در نظر گرفته شده‌اند. که این موارد به شرح زیر است:

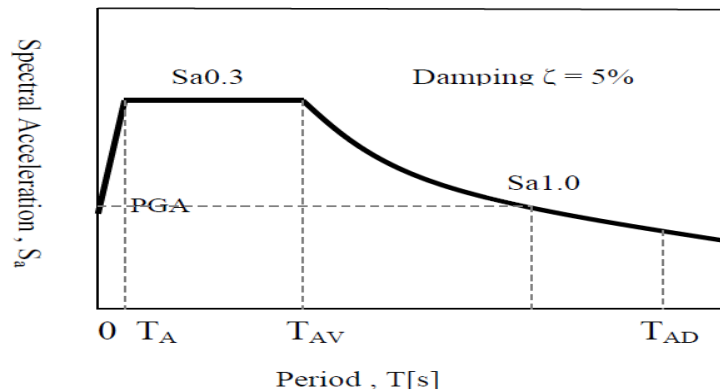
- مسکونی (RES)
 تجاری (COM1)
 بهداشتی (COM6)
 خدماتی (COM3)
 اداری (GOV)
 آموزشی (EDU)

جدول ۱: انواع سازه‌های شهرکرد

ردیف	برچسب	توضیح
۱	SIL	سازه فولادی قاب خمشی ۱ تا ۳ طبقه
۲	SIM	سازه فولادی قاب خمشی ۴ تا ۸ طبقه
۳	SIH	سازه فولادی قاب خمشی بیش از ۸ طبقه
۴	S2L	سازه فولادی باد بندی ۱ تا ۳ طبقه
۵	S2M	سازه فولادی باد بندی ۴ تا ۸ طبقه
۶	S2H	سازه فولادی باد بندی بیش از ۸ طبقه
۷	S4L	سازه فولادی با دیوار برشی بتنی ۱ تا ۳ طبقه
۸	S4M	سازه فولادی با دیوار برشی بتنی ۴ تا ۸ طبقه
۹	S4H	سازه فولادی با دیوار برشی بتنی بیش از ۸ طبقه
۱۰	CIL	سازه بتنی قاب خمشی ۱ تا ۳ طبقه
۱۱	CIM	سازه بتنی قاب خمشی ۴ تا ۸ طبقه
۱۲	C2L	سازه بتنی با دیوار برشی ۱ تا ۳ طبقه
۱۳	C2M	سازه بتنی با دیوار برشی ۴ تا ۸ طبقه
۱۴	URML	سازه بنایی کوتاه
۱۵	URMM	سازه بنایی متوسط

۲-۲- تعیین منحنی تقاضای سازه

پارامترهای طیف پاسخ استاندارد طبق IBC-2006 در زمین‌های آبرفتی حرکت لرزه‌ای زمین، در سطح زمین هم از لحاظ دامنه و هم از لحاظ محتوای فرکانسری تعیین می‌کند. ضریب بازتاب متناسب و پریود گوشه که اساساً شکل طیف طراحی برای خاکهای مختلف را مشخص می‌کند در آیین‌نامه‌های مختلف آمده است. در این مطالعه از آیین‌نامه IBC-2006 استفاده شده است. در این روش حرکت زمین با استفاده از شکل طیف پاسخ استاندارد شده که در IBC ارائه شده است به چهار قسمت تقسیم می‌گردد که عبارتند از: PGA، منطقه شتاب طیفی ثابت از صفر تا T_{AV} ، منطقه سرعت طیفی ثابت از T_{AV} تا T_{VD} و منطقه جابجایی طیفی ثابت که پریود بیشتر از T_{VD} می‌باشد.



شکل ۱: طیف پاسخ استاندارد

منطقه شتاب طیفی ثابت توسط شتاب طیفی در پریود ارتعاشی ۰/۳ ثانیه تعریف می‌گردد در منطقه سرعت طیفی ثابت شتاب طیفی متناسب $\frac{1}{T}$ است و بر روی شتاب طیفی در پریود ارتعاشی ۱/۰ ثانیه ثابت شده است.

۲-۳- منحنی ظرفیت

در حالی که اغلب سازه‌ها جهت سهولت به جای روشهای غیر خطی به صورت الاستیک خطی طراحی و ارزیابی می‌شوند [۴]. در نتیجه پاسخ سازه بر مبنای مشخصات الاستیک خطی سازه و نیروهای لرزه ای متناسب که در طراحی استفاده شده است بدست می‌آید. برای طراحی سازه در حالت الاستیک پاسخ های با ۵ درصد میرایی توسط ضریب کاهش R کاهش داده می‌شوند. که این ضریب با توجه به سازه‌های مختلف متفاوت است ضریب کاهش با توجه به تجربه قضاوت مهندسی توانایی تغییر شکل غیرالستیک (پذیری) سیستم سازه‌ای، اضافمقاومت، میرایی بیش از ۵ درصد تغییر شکلهای زیاد و پارامترهای دیگر که ظرفیت سازه موثر هستند بدست می‌آید.

۲-۴- عملکرد سازه تحت بارهای لرزهای

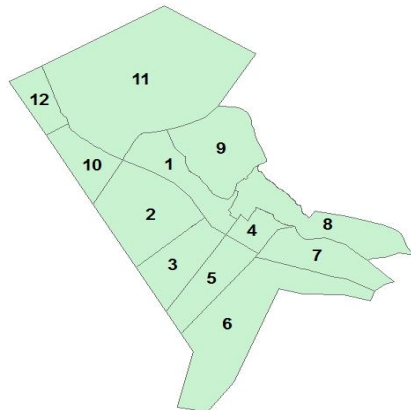
برای بدست آوردن عملکرد لرزه ای سازه، جابجایی طیفی سازه در راستای منحنی ظرفیت آن باید تایید شود که برای آن باید منحنی ظرفیت سازه با منحنی تقاضای لرزهای که برای اثرات غیرخطی سازه اصلاح شده است، قطع داده می‌شود. در حال حاضر روش‌های مختلفی برای بدست آوردن نقطه عملکرد سازه روی منحنی ظرفیت آن وجود دارد. روش‌های CSM که در [۶] ATC 40 و [۷] FEMA 273، MADRS که در FEMA 440 و [۸] FEMA 356 ذکر شده‌اند که از جمله این روش‌ها می‌باشند. در این مطالعه از روش MADRS استفاده شده است.

۲-۵- سطوح آسیب سازه‌ای

- رخداد زلزله مصادف است با ساعت ۲ شب (پیش‌بینی می‌شود اکثر مردم در این زمان در منزل می‌باشند).
- رخداد زلزله مصادف است با ساعت ۱۰ صبح (پیش‌بینی می‌شود در این زمان اکثر مردم سر کار یا دانشگاه یا مدرسه باشند).
- رخداد زلزله مصادف است با ساعت ۵ بعد از ظهر (پیش‌بینی می‌شود که در این زمان اکثریت مردم محل کار را ترک کرده و در مسیر یا محل سکونت باشند).

۲-۶- محدوده تحقیق و جامعه آماری

ناحیه ۵ شهرداری شهرکرد ساختمانهای مسکن مهر شهرکرد را در بر گرفته است و با در نظر گرفتن اینکه شهر شهرکرد به ۵ ناحیه شهرداری و ۱۴ حوزه تقسیم بندی شده است که در این مطالعه با توجه به اینکه هیچ آماری از جمعیت ساکن در این قسمت از شهر نیست، لذا در این تحقیق از این ناحیه صرف نظر شده است. آمار حوزه‌های ۱ تا ۱۲ از هر حوزه از داده‌های سازمان آمار و فناوری اطلاعات شهرداری شهرکرد [۹] بدست آمده است.



شکل ۲: حوزه‌های ۱۲ گانه شهرکرد

جدول ۲: زیربنای سازه‌ها در حوزه‌های ۱۲ گانه شهرکرد (مترمربع)

حوزه	زیربنای سازه بتنی	زیربنای سازه فولادی
۱	۱۷۸۶۲	۵۱۲۱۴۸
۲	۵۶۷۴۲	۴۹۷۵۸۲
۳	۴۳۳۴	۶۰۲۵۴۹
۴	۳۷۰۰۸	۵۷۵۴۱۸
۵	۵۴۰۵	۴۵۰۷۹۲
۶	۹۱۰۲	۵۰۲۰۹۸
۷	۱۰۵۳۰	۳۹۶۲۴۹
۸	۲۸۰۴۳	۸۲۷۹۶۶
۹	۲۸۰۴۳	۵۰۱۰۷۰
۱۰	۱۲۱۲	۶۴۱۹۴
۱۱	۲۱۷۶	۸۲۵۴۲
۱۲	۷۱۴۸	۱۴۸۸۵۴

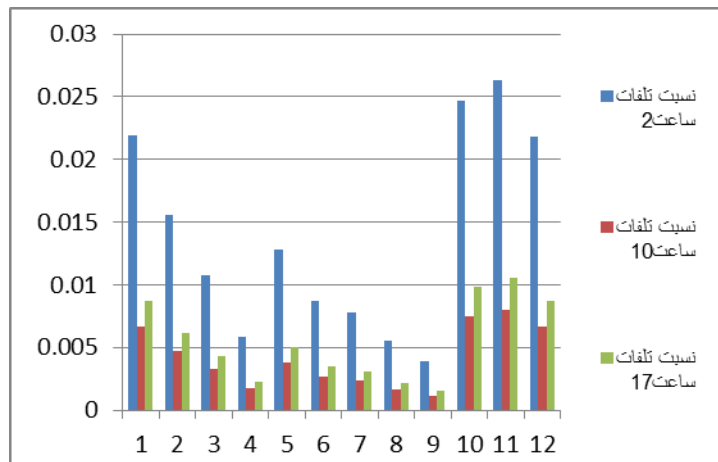
۳- نتایج

نتایج ارزیابی خطرپذیری شهر شهرکرد به روش HAZUS و با نرم افزار SELENAver6.0 مطابق جداول، شکل‌ها و نمودارهای زیر است.

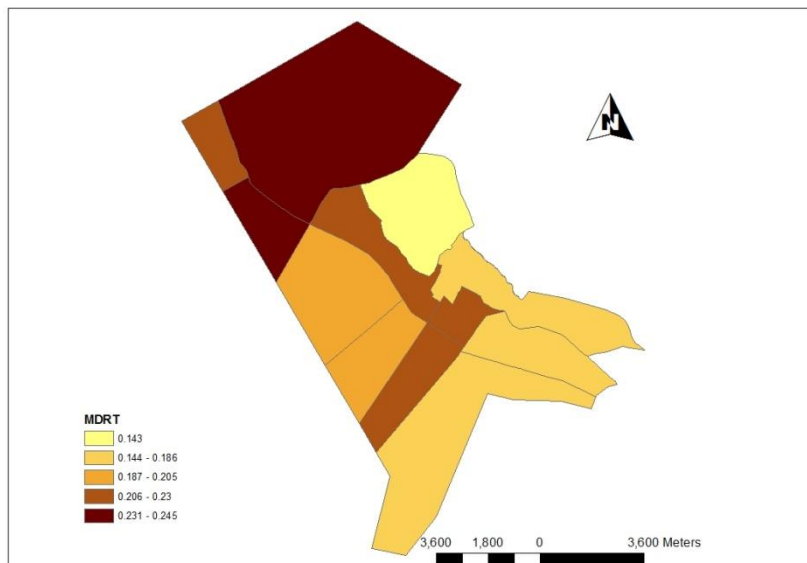
جدول ۳: تلفات زلزله حوزه‌های ۱۲ گانه شهرکرد بر اثر زلزله طرح استاندارد ۲۸۰۰ ایران (نفر)

حوزه	تلفات ساعت ۲	تلفات ساعت ۱۰	تلفات ساعت ۱۷
۱	۱۵۷	۱۱۹	۳۹۲
۲	۱۵۰	۱۱۳	۳۷۶
۳	۵۹	۴۵	۱۵۰
۴	۴۲	۳۲	۱۰۷
۵	۵۱	۳۸	۱۲۹
۶	۴۵	۳۴	۱۱۵
۷	۲۹	۲۲	۷۳
۸	۴۳	۳۳	۱۱۰

۵۸	۱۷	۲۳	۹
۸۵	۲۶	۳۴	۱۰
۱۸۴	۵۶	۷۳	۱۱
۱۴۳	۴۳	۵۷	۱۲

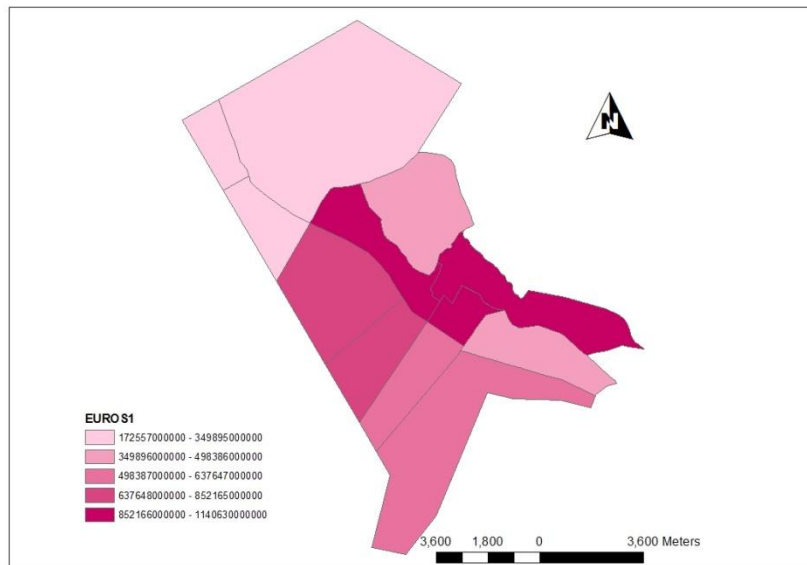


شکل ۳: نسبت تلفات حوزه‌های ۱۲ گانه شهرکرد بر اثر زلزله طرح استاندارد ۲۸۰۰ ایران



شکل ۴: نسبت خسارت متوسط در اثر زلزله طرح استاندارد ۲۸۰۰ ایران

خسارت اقتصادی تحلیل خطرپذیری لرزه‌ای احتمالی شهر شهرکرد مطابق شکل می‌باشد.



شکل ۵: خسارت اقتصادی بر اثر زلزله طرح استاندارد ۲۸۰۰ ایران (ریال)

۴- تفسیر نتایج جداول و نتیجه‌گیری

بافت قدیم شهر شهرکرد، حوزه‌های ۱ تا ۴ می‌باشند ولی حوزه‌های ۱۰ تا ۱۲ یعنی ۳ آبادی متصل شده به شهرکرد هستند که در خروجی‌های نرم افزار SELENA بیشترین نسبت تلفات را نشان می‌دهد. همانطور که در خروجی‌ها ملاحظه می‌شود، این ناحیه از شهرکرد بیشترین نسبت خسارات را هم به خود اختصاص داده است. حدوداً نیمی از سازه‌ها در این ۳ حوزه بنایی هستند که آسیب پذیرترین نوع سازه در مقابل زلزله می‌باشد که می‌تواند این تفاوتها را نسبت به حوزه‌های دیگر توجیه کند. نقطه مقابل این حوزه‌ها، حوزه ۹ شهرداری شهرکرد است که با توجه به اینکه این ناحیه از شهرکرد دارای بافت جدیدتری است و اکثر سازه‌های آن دارای استانداردهای بروزتری هستند در این تخمین خسارت سهم کمتری را دارد.

تراکم جمعیت می‌تواند یکی دیگر از دلایل افزایش تلفات باشد. در نمودار نسبت تلفات مشاهده می‌شود حوزه‌های ۱ تا ۴ در رده‌های بعدی نسبت تلفات می‌باشند که این حوزه‌ها دارای بیشترین تراکم جمعیتی هستند. در مناطقی که تراکم جمعیت بیشتری دارند سازه‌ها دارای ارتفاع بیشتری هستند. که این افزایش ارتفاع در افزایش خسارات هم تأثیرگذار است.

نوع خاک هم یکی از عوامل تأثیرگذار در میزان خسارت است. با توجه به خروجی‌ها می‌توانیم به این نکته پی ببریم که در سطوح مختلف خسارت، خاک تأثیر مستقیم را دارد. خاک نوع یک کمترین خسارت کامل و خاک نوع ۴ کمترین خسارت خفیف را دارد. با لحاظ این تأثیرگذاری در طراحی سازه‌ها می‌توان خسارات را به میزان قابل توجهی کاهش داد.

۵- مراجع

[1] Coburn, A. and Spence, R., "Earthquake Protection", J. Wiley and Sons Ltd. (2002)

[۲] نتایج سرشماری جمعیت و مسکن ۱۳۹۰، مرکز آمار ایران

[3] *International Building Code (IBC-2006)*. Technical report, International Code Council, United States, January (2006)

[4] *Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures*. FEMA-440, Technical report, Applied Technology Council (ATC), California, USA, (2005)

[5] *Multi-hazard Loss Estimation Methodology*, Technical manual. Federal Emergency Management Agency, Washington DC, USA. (2003)

- [6] *Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings*. Report ATC-40, Technical report, Applied Technology Council (ATC), Redwood City, California, (1996)
- [7] *NEHRP guidelines for the seismic rehabilitation of buildings*. FEMA 273, Technical report, Federal Emergency Management Agency (FEMA), Washington DC, October (1997)
- [8] *Pre standard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings*. FEMA-356, Technical report, Federal Emergency Management Agency (FEMA), Washington DC, (2000)
- [9] آمار سازه ای بناهای شهرکرد، سازمان آمار و فناوری اطلاعات شهرداری شهرکرد، ۱۳۹۲.
- [۱۰] آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله استاندارد ۸۴ - ۲۸۰۰، ویرایش سوم، مرکز تحقیقات و ساختمان و مسکن، ۱۳۸۴.
- [11] Demuth, H., Beale, M., Hagan, M., "Neural Network Toolbox, User Guide", The MathWork, Inc. (2006)
- [12] Molina, S., Lang, D.H., Lindholm, C.D., "SELENA - An open-source tool for seismic risk and loss assessment using a logic tree computation procedure", Computers & Geosciences, Volume 36, Issue 3, March 2010, Pages 257-269. (2010)
- [13] Yang Zhan, Y., and Lin Li, F.B., "Estimating seismic losses of schools using SELENA: The case of Wenchuan earthquake", 19th International Conference on Geoinformatics, 24-26 June (2011) 1-6
- [14] Michael, W., Tantalaa, Guy J.P. Nordensonb, G., Deodatisc, Klaus J., "Earthquake loss estimation for the New York City Metropolitan Region", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, **28**, Issues 10-11, October-November (2008) 812-835