



کد مقاله: ۱-۱۰۳

بررسی وضعیت آسیب پذیری لرزه ای شهرک پردیسان (قم) تحت گسل کوشک نصرت

سیدغلامرضا هاشمی^۱، غلامرضا قدرتی امیری^۲، علی رضویان امرئی^۳

۱- کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد

۲- عضو هیأت علمی، دانشگاه علم و صنعت ایران

۳- عضو هیأت علمی، دانشگاه پیام نور واحد تهران

چکیده

برآورد خسارت و تلفات ناشی از زلزله در همه زمان ها بسیار حائز اهمیت بوده و کشورهای مختلفی روش های گوناگونی را برای تحلیل خطر پذیری برگزیده اند. اکثر روش ها بر اساس شدت زلزله می باشد. در این مطالعه به بررسی وضعیت آسیب پذیری لرزه ای شهرک پردیسان با استفاده از نرم افزار سلنا و تحت اثر گسل کوشک نصرت پرداخته شده است. همچنین برای محاسبه شتاب (PGA) از روابط کاهندگی و آیین نامه ۲۸۰۰ استفاده گردیده است. در این مطالعه از روش HAZUS استفاده گردید و با مشخص شدن سطوح آسیب سازه میزان خسارت و تلفات جانی به تفکیک هر یک از سازه ها در کل محدوده مطالعاتی محاسبه گردید.

کلمات کلیدی: روابط کاهندگی، روش (HAZUS)، گسل کوشک نصرت، نرم افزار سلنا

۱- مقدمه

بسیاری از مطالعات تحلیل خطر پذیری بعد از زلزله Sanfernando 1971 آغاز شد. تمرکز اصلی این مطالعات بر تلفات جانی بود، در سالهای اخیر تمرکز اصلی بر روی راه ها، سیستمهای ارتباطی و شریانهای حیاتی می باشد. ابتدا انستیتو ملی علوم ساختمانی (NIBS) نرم افزاری (HAZUS) را برای آژانس مدیریت بحران فدرال (FEMA) در راستای پیش بینی آسیب پس از زلزله معرفی و رونمایی کرد. بدلیل اینکه (HAZUS) برای آمریکا خصوصی سازی شده است امکان استفاده از آن در مناطق دیگر وجود نداشت محققان در کشورهای مختلف بر آن شدند که دستور العمل را برای مناطق خود پیاده سازی کنند. در این میان نرم افزارهای مختلفی معرفی شدند که میتوان به SELENA و اشاره کرد.

در سال ۲۰۰۰ آژانس همکاری های بین المللی ژاپن با همکاری مرکز مطالعات زلزله و زیست محیطی تهران بزرگ ارزیابی از شرایط شهر تهران جهت تحلیل خطر پذیری زلزله انجام دادند.

شهر قم از نظر زلزله خیزی جز مناطق با خطر نسبی زیاد می باشد. در این استان گسل های زیادی وجود دارد که مهم ترین آنها می توان به گسل قم - زفره با طول ۶۲ کیلومتر، گسل ایندیس با طول ۱۰۰ کیلومتر، گسل کوشک نصرت با طول ۱۷۱،۸۱۷ کیلومتر، گسل سیاه کوه با طول ۳۴ کیلومتر و در حدود ۲۷۰ گسل شناخته شده که حدود ۲۹ عدد آن در محدوده ۱۵۰ کیلومتری شهر قم از اهمیت خاصی برخوردار می باشند. همچنین سوابق تاریخی لرزه ای شهر قم نشان می دهد که در ۳۰ سال اخیر حدود ۲۶۰ زلزله اتفاق افتاده است که ۲ عدد آن با شدت بیش از ۵ ریشتر بوده است. [۱] در این مطالعه از گسل کوشک نصرت با ساز و کار راستا لغز فشاری استفاده شده است.

شهرک پردیسان در شهر قم واقع شده و از نظر مناطق شهری، منطقه ۸ شهر قم به شمار می آید که شهرکی نوساز بوده و اکثر خانه های طرح مسکن مهر در این قسمت شهر قرار دارد که می توان از دیگر خصوصیات آن به موارد زیر اشاره نمود: [۴]
تعداد حوزه مورد مطالعه: ۱۷ عدد
جمعیت: ۳۴۹۸۷ نفر
میزان مساحت سازه های بنایی، بتنی و فولادی در شهرک پردیسان در جدول شماره ۱ ذکر گردیده است. [۳]



شکل ۱: حوزه های مورد مطالعه شهرک پردیسان قم

۲- ساختار تحقیق

در این مطالعه از نرم افزار سلنا استفاده گردیده است که این نرم افزار تحت نرم افزار مطلب اجرا می گردد. نرم افزار فوق براساس روش (HAZUS) است. در این روش اطلاعات آماری از سازمانهای مربوطه بدست می آید این اطلاعات حاوی زیربنای سازه ها به تفکیک نوع سازه ای و کاربری آنها، جمعیت، نوع خاک منطقه و شتاب طیفی می باشد. 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 سازه ها با روش ذکر شده در FEMA 440 اعمال می گردد. منحنی ظرفیت از جداول HAZUS بدست آمده که در نهایت عملکرد سازه تعیین می گردد. با استفاده از جابجایی بدست آمده سازه، احتمال وقوع آسیبهای مختلف تعیین می گردد. با توجه به اطلاعات بدست آمده و اطلاعات قبلی زیربنای آسیب دیده تعیین می گردند. در قدم بعدی نسبت آسیب متوسط برای هر یک از سازه ها و مناطق بدست می آید و با هم مقایسه می شوند. نمودارهای آسیب پذیری به تفکیک مناطق ارائه می شوند. جهت ارائه نتایج از نرم افزار استفاده می شود. در ارزیابی خطر پذیری لرزه ای اطلاعات موجود منطقه از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

۲-۱- طبقه بندی خاک

برای طبقه بندی خاک از روش طیف پاسخ استاندارد طبق IBC-۲۰۰۶ [۶] استفاده گردیده است. در این طیف، نیاز به محاسبه شتاب در دوپریود ۰٫۳ ثانیه و ۱٫۰ ثانیه می باشد. همچنین طبقه بندی خاک بر اساس سرعت برشی خاک صورت پذیرفته است.

۲-۲- منحنی ظرفیت

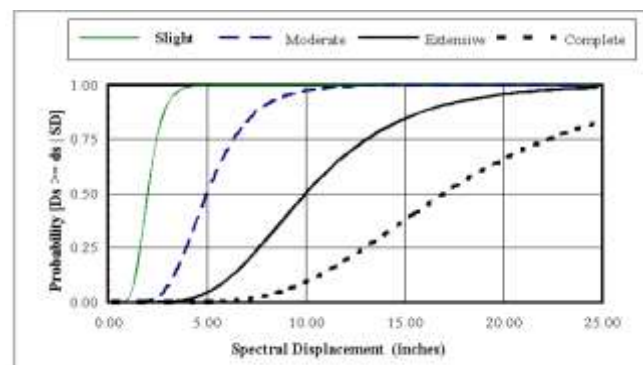
منحنی ظرفیت: یک ابزار دقیق ساده و منطقی برای پیش بینی پاسخ (جابجایی) غیر خطی سازه جهت تعیین آسیب می باشد. چنین نموداری جابجایی حقیقی را برای سازه مورد نظر از طیف پاسخ های گوناگون به راحتی ارائه می دهد. نمودار مورد استفاده در این مطالعه دارای سه نقطه کنترل می باشد که عبارتند از: ۱- ظرفیت طراحی، ۲- ظرفیت تسلیم، ۳- ظرفیت نهایی ظرفیت طراحی بیان کننده مقاومت اسمی سازه می باشند که توسط آیین نامه تعریف می گردد.

ظرفیت تسلیم نشان دهنده مقاومت جانبی واقعی سازه با لحاظ کاهش نیرو در طراحی است و ظرفیت نهایی مشخص کننده بیش ترین مقاومت سازه تا زمانی که به حالت خمیری کامل رسد می باشد. پارامتر های منحنی ظرفیت بر اساس جداول HAZUS [۷] که برای سازه های فولادی و بتنی بر اساس سطوح طراحی متوسط (moderate code)، و برای سازه های بنایی بر اساس سطوح طراحی پایین (low code) تعیین می گردد. همچنین برای بدست آوردن عملکرد سازه از روش طیف ظرفیت اصلاح شده (MDRS) استفاده گردیده است. [۷]

جدول ۱: مساحت سازه های بتنی، بنایی و فولادی موجود در شهرک پردیسان بر حسب متر مربع

منطقه	زیر بنای سازه های بتنی	زیر بنای سازه های فولادی	زیر بنای سازه های بتنی
۸-	۱۵۵۲۱۹۹	۸۱۵۰۰۷	۴۳۴۱۷

تابع آسیب به صورت منحنی شکنندگی نیمه لگاریتمی به صورت شکل زیر تعریف گردیده است که باعث گردیده تا سطوح آسیب در چهار سطح آسیب خفیف، متوسط، گسترده، کامل تعریف گردد. پارامتر های منحنی شکنندگی بر اساس جداول HAZUS برای سازه های مختلف بدست می آید.



شکل ۲: نمونه ای از یک منحنی شکنندگی [۷]

۲-۳- برآورد خسارت اقتصادی

زلزله علاوه بر تلفات جانی خسارت اقتصادی نیز دارد که این خسارت از آسیب مستقیم و مشخص شروع می شود و تا چندین سال ممکن است ادامه داشته باشد. خسارت می تواند شامل آسیب به سازه، آسیب اجزای غیر سازه ای، آسیب دیدن لوازم درون ساختمان ها (که این در مورد بیمارستان ها و مراکز صنعتی بسیار حائز اهمیت است)، آسیب دیدن راهها، بندرگاهها و فرودگاهها که نتیجه آن از بین رفتن رونق اقتصادی برای چندین سال می گردد. آسیب های اجتماعی که در پی آن آسیب های اقتصادی به وجود می آیند مانند ترک روستای آسیب دیده و مهاجرت به شهرها که در پی آن از بین رفتن کشت روستایی، دامپروری و باغداری اتفاق می افتد. لذا مطالعه در مورد خسارت اقتصادی یک مطالعه بسیار تخصصی و پیچیده می باشد که نیازمند همکاری تخصصی چند جانبه است. در بحث خسارت مستقیم که ناشی از آسیب سازه ای و غیر سازه ای می باشد و به دلیل عدم وجود داده های کافی در سیستم های غیر سازه ای در این مطالعه فقط به آسیب سازه ای پرداخته می شود.

برآورد خسارت اقتصادی براساس هزینه بازسازی ساختمان موجود براساس نوع آسیب یا جایگزینی ساختمان موجود براساس پول رایج کشور (ریال) صورت پذیرفته است.

۲-۴- برآورد تلفات جانی

ارزیابی تلفات نیز با توجه به ۴ نوع آسیب از قبیل جراحات سطح ۱ (خفیف)، سطح ۲ (متوسط)، سطح ۳ (شدید) سطح ۴ (کامل) بررسی گردیده است.

- آسیب سطح ۱: زخم هایی هستند که نیاز به کمک های اولیه عمومی دارند. معمولاً این زخم ها نیاز به باند پیچی و نگهداری دارند. بعضی از آسیب ها عبارتند از: پیچ خوردگی، بریدگی، نیازمند بخیه، سوختگی درجه اول، سوختگی درجه دوم؛ قسمتی از بدن و ضرب دیدگی سر بدون از دست دادن هوشیاری
- آسیب سطح ۲: زخم هایی هستند که تنها با کمک های اولیه و دارو بهبود نمی یابند و نیازمند خدمات تخصصی پزشکی مانند عکس برداری رادیولوژی و خدمات جراحی می باشند. اما این زخم ها به گونه ای نیستند که باعث تهدید حیات مصدوم گردند. بعضی از این موارد عبارتند از سوختگی درجه ۲ قسمت زیادی از بدن و یا سوختگی درجه ۳ قسمت محدودی از بدن، ضرب دیدگی سرطوری که باعث از دست رفتن هوشیاری گردد و شکستگی استخوان
- آسیب سطح ۳: زخم هایی هستند که اگر سریعاً به آنها رسیدگی نشود به شدت جان مصدوم را تهدید می کنند. این زخم ها عبارت است از خونریزی غیر قابل کنترل، سوراخ شدگی بدن یا بعضی از اعضا، زخم های داخلی، آسیب دیدگی ستون فقرات و علائم له شدگی و خرد شدگی
- آسیب سطح ۴: جراحی هستند که باعث مرگ سریع مصدوم می گردند.

همچنین سه زمان برای برآورد تلفات جانی در نظر گرفته شده است که عبارت است از: ساعت ۲ باامداد که اکثر مردم در خانه ها و در خواب می باشند، ساعت ۱۰ صبح که اکثر مردم در محل کار، دانشگاهها و مدارس می باشند، ساعت ۵ عصر که اکثر مردم محل کار را ترک کرده و در راه بازگشت به منزل می باشند. [۸]

کاربری های در نظر گرفته شده در این مطالعه عبارت است از: مسکونی (RES)، تجاری (COM1)، بهداشتی (COM6)، خدماتی (COM3) اداری (GOV)، آموزشی (EDU)

۲-۵- روش های تحلیل خطر پذیری

می توان پارامتر های لرزه خیزی را در سه حالت به نرم افزار تعریف کرد

- روش آنالیز قطعی (Deterministic analysis)
- روش آنالیز احتمالاتی (Probabilistic analysis)
- روش استفاده از داده های واقعی (Analysis with real time data)

در روش آنالیز قطعی سناریو محتمل زلزله های اطراف گسل مورد مطالعه قرار می گیرد. لذا داده ها اعم از طول گسل ، نوع گسل، بزرگای محتمل M_w, M_s ، عمق کانونی و روابط کاهندگی وارد می گردد. در روش احتمالاتی پارامتر های لرزه ای که عمده ترین آنها شتاب طیفی در چند زمان مشخص می گردد. در روش سوم داده ها مستقیماً از دستگاههای شتاب نگار گرفته می شود. لذا در این روش نیازی به تاثیر نوع خاک و تقویت شتاب وجود ندارد. SELENA فقط خطر جنبش های شدید زمین لحاظ می کند و دیگر خطرات ناشی از (روانگرایی، زمین لغزش، گسلش در سطح زمین و سونامی) در این نرم افزار بررسی نمی شود

در این مطالعه از روش آنالیز احتمالاتی و قطعی استفاده گردیده است که باید به این نکته اشاره کرد که نرم افزار فوق فقط آسیب های ناشی از اجزای سازه ای را محاسبه نموده و اجزای غیر سازه ای را در نظر نمی گیرد. [۸]

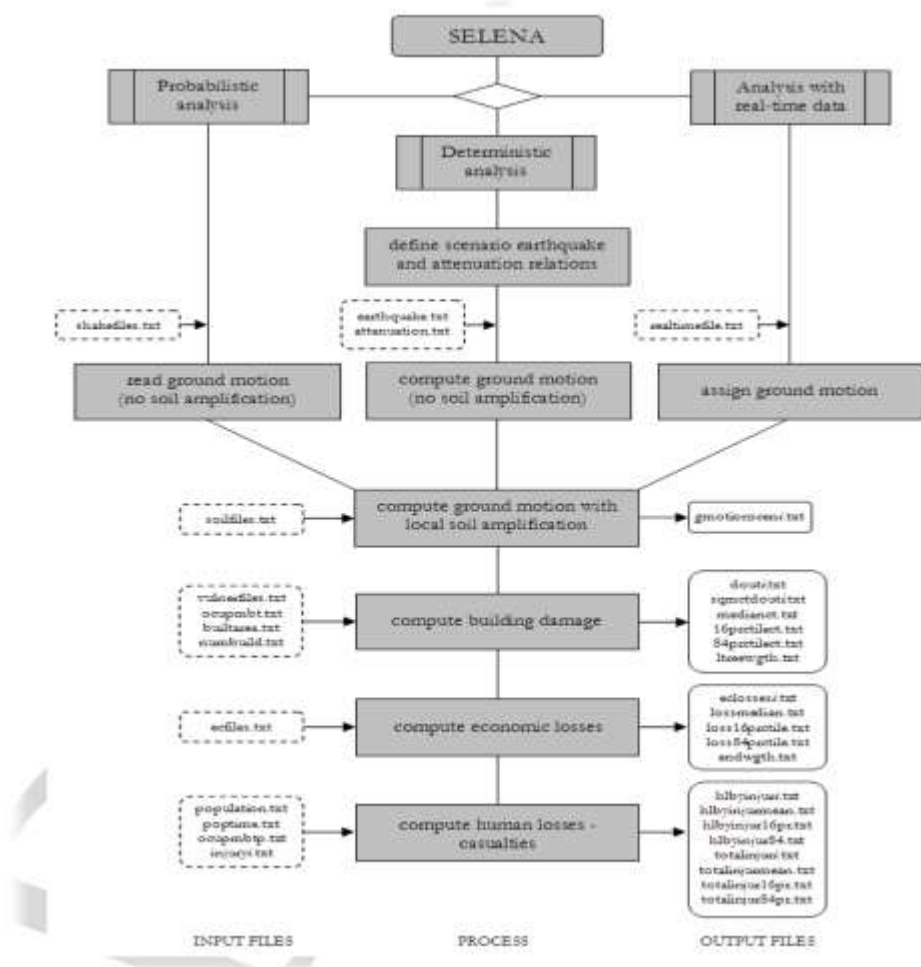
در این مطالعه از روابط کاهندگی کمبل و بزرگنیا (Campbell and Bozorgnia (2003)) و داگلاس (Ambraseys and Douglas (2003)) [۹] استفاده شده است. نرم افزار فوق نیاز به فایل های ورودی با فرمت (TXT) دارد که بعضی از آنها عبارت است از: فایل مربوط به اطلاعات خاک منطقه مورد نظر، اطلاعات مربوط به منحنی ظرفیت و منحنی شکنندگی، فایل مربوط به احتمال فروریزش کامل سازه ها، فایل هزینه های بازسازی سازه هابر اساس نوع آسیب، فایل اطلاعات جمعیتی و اطلاعات سازه ای که در کل می توان گفت نرم افزار فوق به حدود ۵۳ فایل ورودی نیاز مند می باشند.

خروجی های این نرم افزار عبارت است از تعیین نسبت خسارت متوسط، میزان خسارت مالی وارد شده، تعداد تلفات جانی در ساعت های ذکر شده ، احتمال آسیب پذیری سازه ها، تعیین زیر بنای آسیب دیده بر حسب نوع آسیب که به دلیل حجم زیاد نتایج برای نمایش آنها از نرم افزار ARCGIS استفاده شده است.

جدول (۲) مشخصات زلزله مورد استفاده [۱]

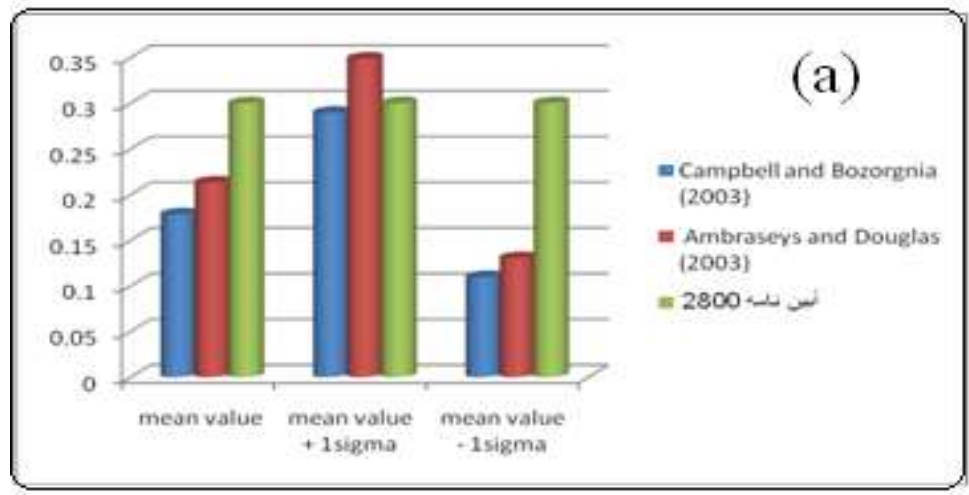
Mw	lang	lat	تاریخ رویداد
6.2	50.65	34.47	۱۹۸۰/۱۲/۱۹

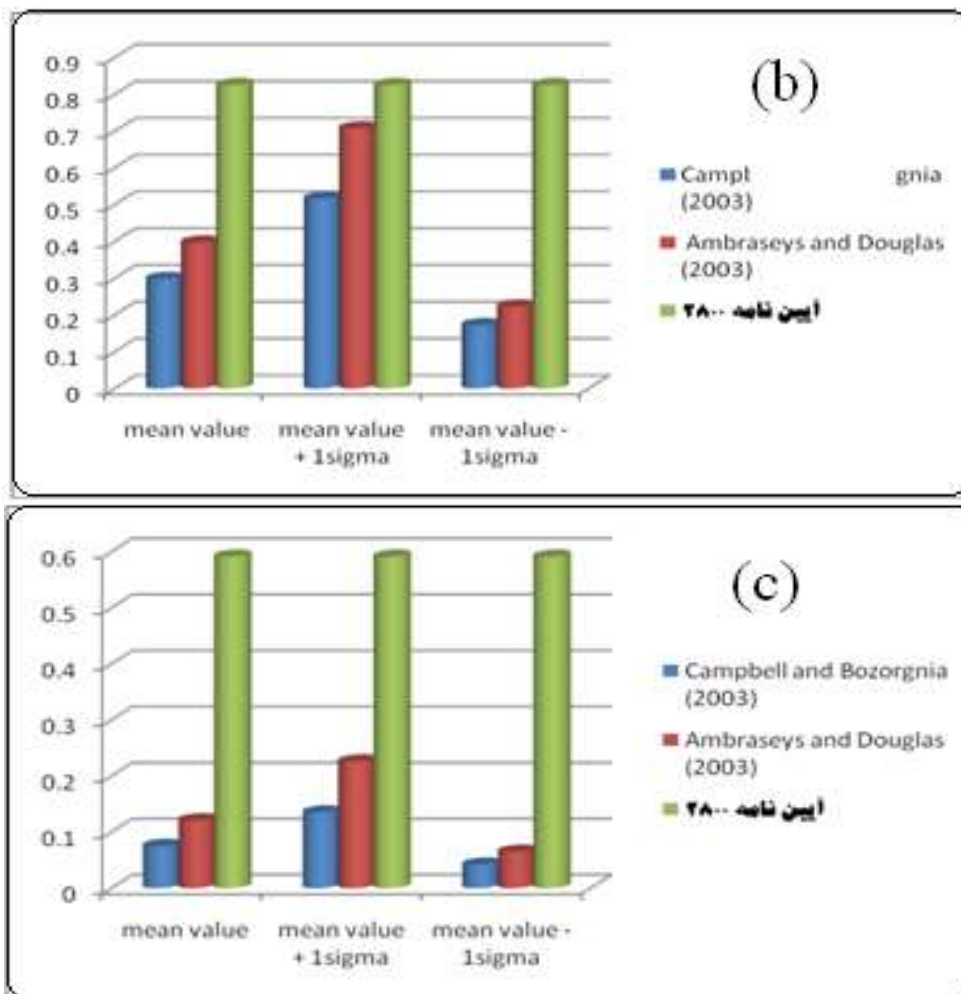
گسل مورد استفاده در این مطالعه گسل کوشک نصرت می باشد. این گسل فعال و با ساز و کار راستا لغز فشاری می باشد. بخش خاوری این گسل در استان قم و از فاصله حدود ۳۵ کیلومتری شمال قم می گذرد و ممکن است مسبب زمین لرزه (۲۷ ژوئن) سال ۱۹۷۰ میلادی شمال دریاچه حوض سلطان با بزرگای $mb=4.5$ باشد. این گسل دارای عرضی افزون بر ۱۲۰ کیلومتر مربع است و در نزدیک ترین قسمت حدود ۳۰ کیلومتر با شهر قم فاصله دارد. [۱]



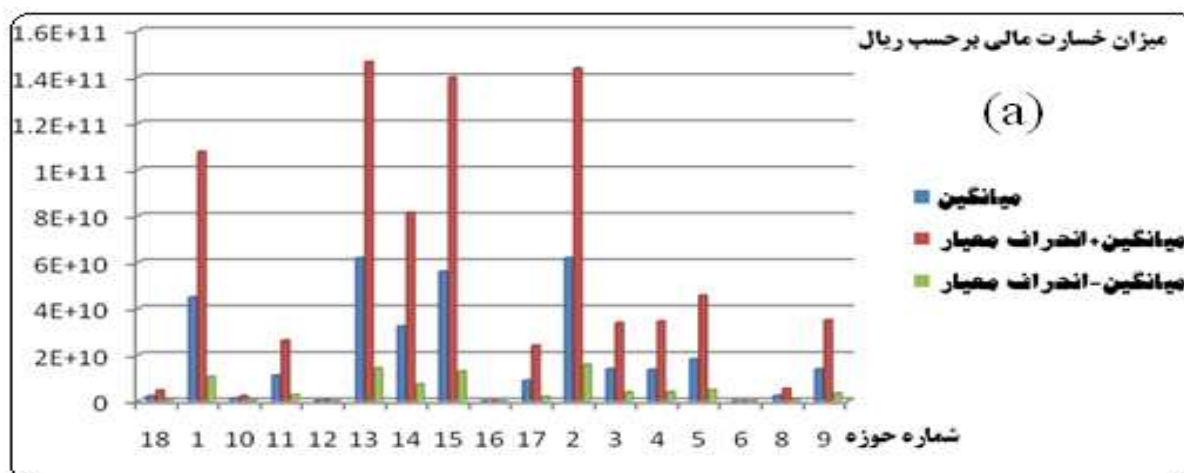
شکل ۳: ساختار نرم افزار selena [۸]

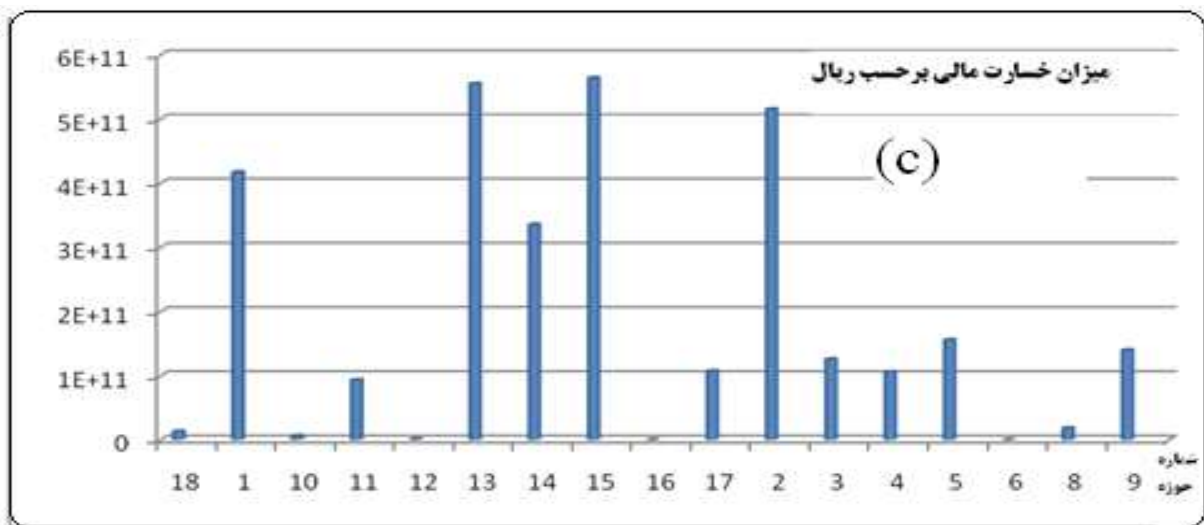
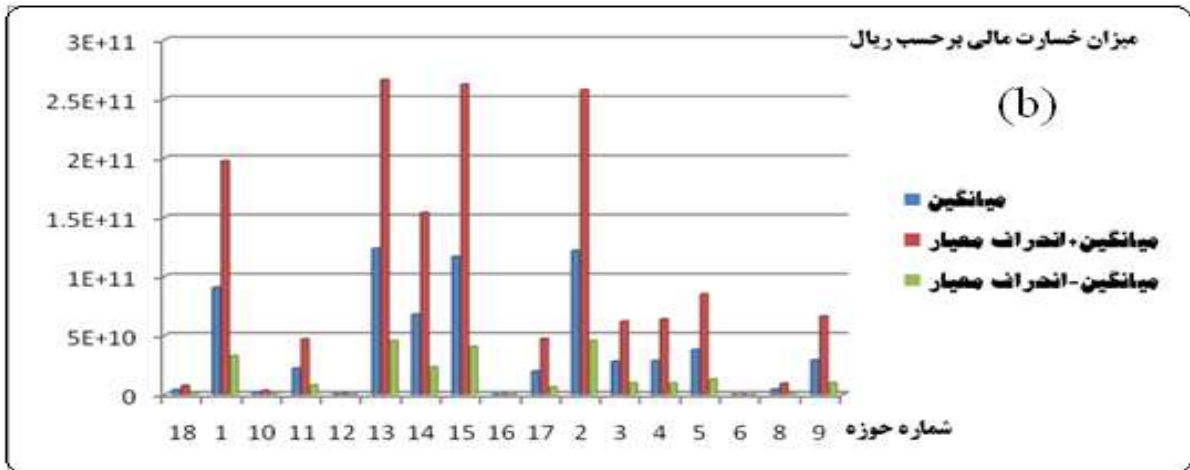
۳- نتایج حاصل از تحلیل



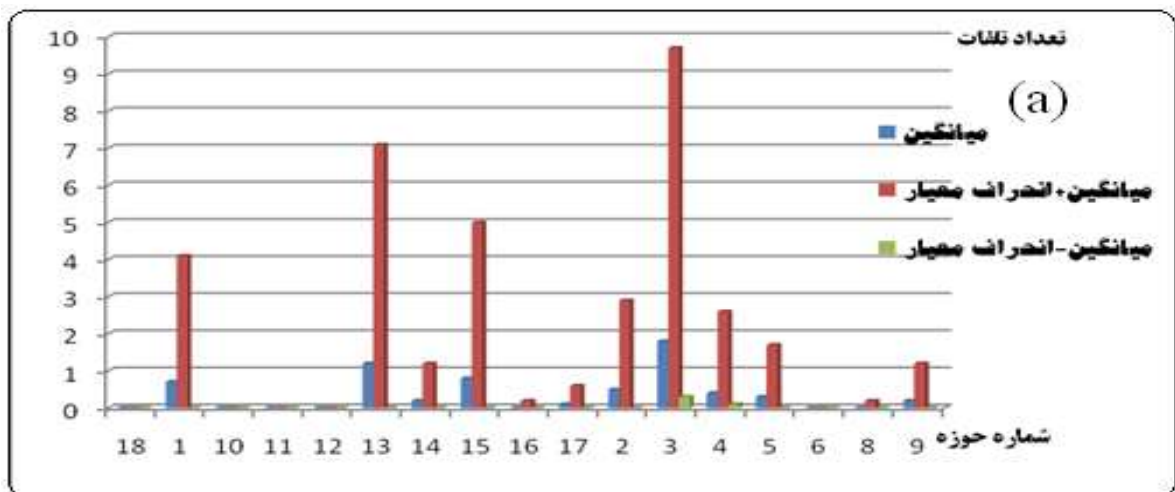


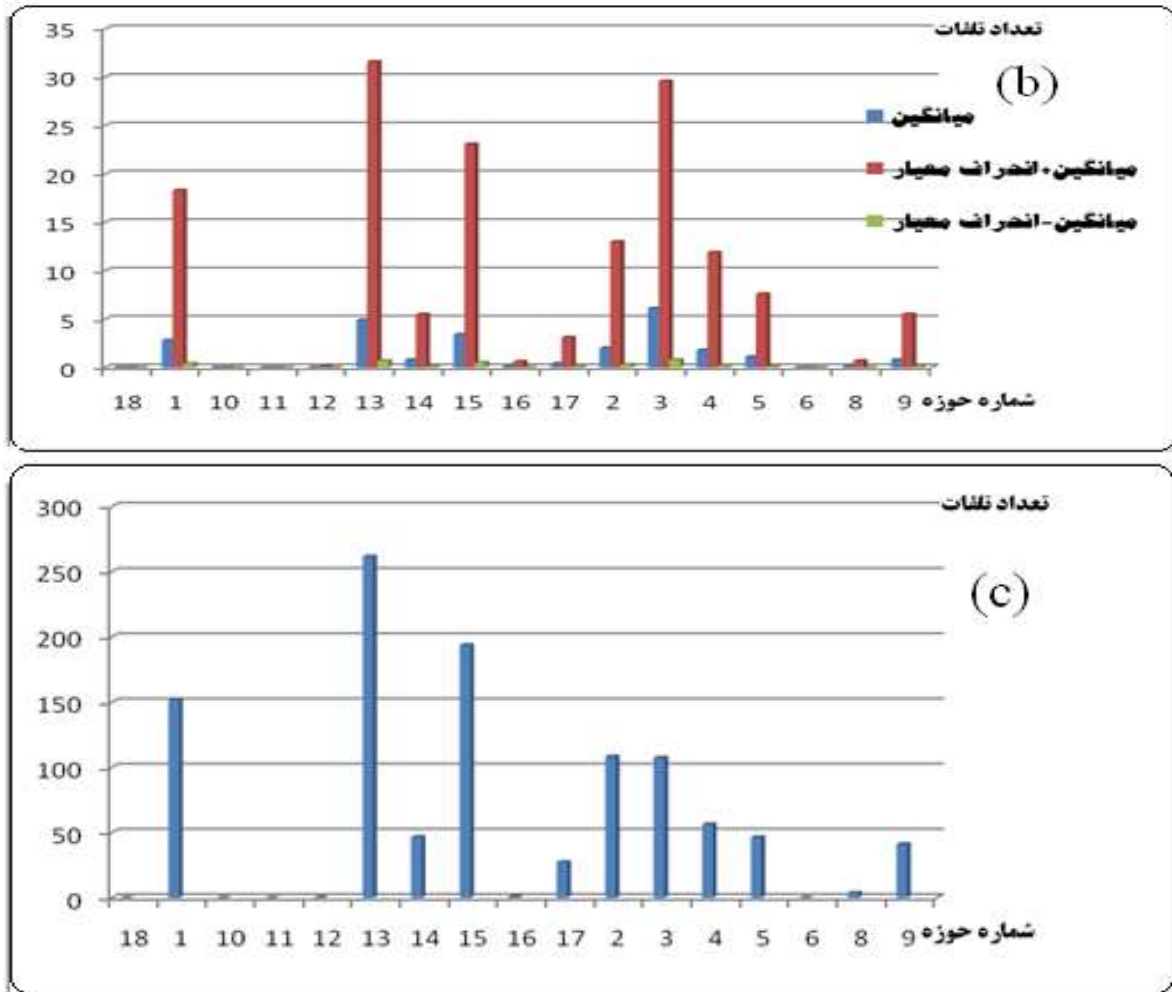
شکل ۳: (a) مقادیر PGA با روابط کاهندگی متفاوت، (b) مقادیر Sa در پریود ۰,۳ ثانیه برای حالت های مختلف، (c) مقادیر Sa در پریود ۱,۰ ثانیه برای حالت های مختلف



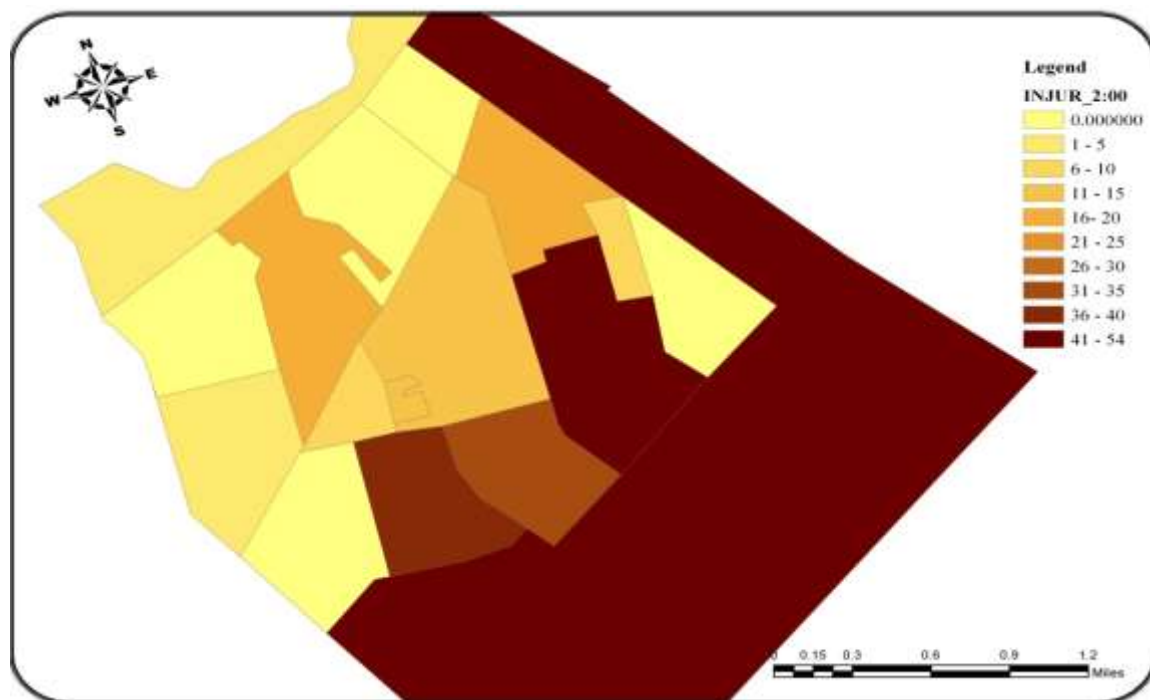


شکل ۴: (a) مقادیر خسارت مالی بر اساس تحلیل بر مبنای رابطه Campbell and Bozorgnia (2003)، (b) مقادیر خسارت مالی بر اساس تحلیل بر مبنای رابطه Ambraseys and Douglas (2003)، (c) میزان خسارت مالی بر اساس تحلیل احتمالاتی





شکل ۵: (a) مقادیر خسارت جانی در ساعت ۲ بامداد بر اساس تحلیل بر مبنای رابطه Campbell and Bozorgnia (2003). (b) مقادیر خسارت جانی در ساعت ۲ بامداد بر اساس تحلیل بر مبنای رابطه Ambraseys and Douglas (2003). (c) میزان تلفات جانی بر اساس تحلیل احتمالاتی



شکل ۶: میزان تلفات جانی در ساعت ۲ بامداد براساس تحلیل احتمالاتی در حوزه های مختلف شهرک پردیسان

۳- تجزیه و تحلیل نمودار ها

در مطالعه فوق همان طور که اشاره شد برای تحلیل احتمالاتی از پارامتر های خاک استفاده می شود که در شکل ۳ مقادیر شتاب (PGA) براساس پارامتر های آئین نامه ۲۸۰۰ و روابط کاهندگی محاسبه شده است. همچنین برای انجام تحلیل قطعی و احتمالاتی نیاز به محاسبه شتاب طیفی در زمان ۰,۳ ثانیه و ۱,۰ ثانیه می باشد که در تحلیل احتمالاتی این مقادیر با توجه به طیف ۲۸۰۰ و در تحلیل قطعی این مقادیر با توجه به روابط کاهندگی محاسبه شده است. در شکل ۴ نیز مقادیر خسارت مالی وارده به هر حوزه با توجه به دو نوع تحلیل قطعی و احتمالاتی محاسبه شده که شکل ۴ (a) میزان خسارت مالی برحسب تحلیل قطعی و رابطه کاهندگی (Campbell and Bozorgnia (2003) و شکل ۴ (b) میزان خسارت مالی بر حسب رابطه (Ambraseys and Douglas (2003) و شکل ۴ (c) میزان خسارت مالی برحسب تحلیل احتمالاتی و رخداد زلزله ای مطابق با زلزله طیف آئین نامه ۲۸۰۰ را نشان می دهد. در شکل ۵ میزان تلفات جانی برحسب دو نوع تحلیل که تحلیل قطعی براساس زلزله های اتفاق افتاده در گذشته و روابط کاهندگی و تحلیل احتمالاتی که با توجه به پارامتر های خاک مطابق با طیف آئین نامه ۲۸۰۰ را نشان می دهد. در کل نمودار های فوق چه در قسمت محاسبه خسارات مالی و چه در محاسبه خسارات جانی در روش احتمالاتی میزان خسارات به نسبت بیشتر از خسارات محاسبه شده در روش قطعی می باشد و شاید یکی از دلایل آن این است که در حالت تحلیل احتمالاتی به عنوان نمونه برای خاک هایی که دارای سرعت برشی بین ۳۷۵ تا ۷۰۰ متر بر ثانیه می باشند همه را جز خاک های نوع دوم محسوب می نماید، در حالی که در تحلیل قطعی این مقادیر براساس روابط کاهندگی به شکل دقیق محاسبه می شود.

۴- نتیجه گیری

نتایج حاصل از تحلیل نشان می دهد که اختلاف زیادی بین نتایج حاصل از تحلیل قطعی با تحلیل احتمالاتی وجود دارد و این اختلاف ناشی از محاسبه مقادیر شتاب های متفاوت است که با روابط کاهندگی محاسبه گردیده است. مقدار شتاب برای شهر قم با توجه به گسل کوشک نصرت با رابطه کاهندگی پرفسور قدرتی (Ghodrati Amiri et al. (2007))، ۰,۲۰۲ محاسبه شده است که در اینجانب با رابطه کاهندگی کمپل و بزرگنیا مقدار شتاب ۰,۱۰۹۵ و با رابطه کاهندگی امبرسیز و داگلاس مقدار شتاب ۰,۳۴۸۸ می باشد. همچنین میزان آسیب جانی در تحلیل احتمالاتی برابر با ۱۰۵۵ نفر و در تحلیل قطعی با روابط کاهندگی مختلف از ۱ نفر تا ۱۵۲ نفر متفاوت است. در کل نمی توان مقایسه ای بین این دوروش انجام داد و باید به دنبال دسترسی به مقدار هرچه دقیق تر شتاب بود تا بتوان نتایج را به واقعیت نزدیک کرد.

سپاسگزاری

در اینجا جا دارد از دکتر زمانی جهت انجام هماهنگی های لازم برای در اختیار قرار دادن اطلاعات مورد نیاز و همچنین مهندس سرکارنژاد که در امر جمع آوری اطلاعات مرا همراهی نمودند کمال تشکر و قدردانی را بعمل آورم.

مراجع

[۱] پایگاه ملی داده های علوم زمین، ۱۳۹۰، www.ngdir.ir

[۲] مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰، آمارنامه شهر قم. قم: مرکز آمار

[۳] اداره مسکن و شهر سازی قم، ۱۳۹۰، نقشه GIS شهر. قم: اداره مسکن و شهر سازی

[۴] اداره مسکن و شهر سازی قم، ۱۳۹۰، نقشه GIS شهر (بلوک های جمعیت). قم: اداره مسکن و شهر سازی

[۵] مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۴، آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله، سازمان مسکن و شهر سازی

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

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

[8] Sergio Molina, Dominik H. Lang, Conrad D. Lindholm, Fredrik Lingvall, and Emrah Erduran, *Manual for the Earthquake Loss Estimation, Tool: SELENA*, June 28, 2012

[9] John Douglas- *Ground-motion prediction equations 1964-2010*, April 2011