

ارزیابی سناریوهای آسیب انسانی (تلفات) در کاربری‌های شهری بر اثر حریق در پی زلزله مطالعه‌ی موردی: مناطق ۱ و ۶ شهرداری شیراز

مقاله برگرفته از رساله‌ی دکتری با عنوان ارائه مدلی نوین در ارزیابی ریسک مخاطرات مرکب (زلزله و حریق) مورد مناطق ۱ و ۶ شهرداری شیراز
لیلا عشرتی*؛ دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه اصفهان، پژوهشگاه مهندسی بحران‌های طبیعی شاخص پژوه،

Leila.eshrati@gmail.com

امیر محمودزاده؛ استادیار مهندسی عمران، دانشگاه اصفهان، پژوهشگاه مهندسی بحران‌های طبیعی شاخص پژوه
مسعود تقوایی؛ استاد تمام جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه اصفهان، پژوهشگاه مهندسی بحران‌های طبیعی شاخص پژوه

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۲۴

تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۱۶

چکیده

مناطق شهری بسیاری به وسیله‌ی مخاطرات مرکب مورد تهدید قرار می‌گیرند که منجر به ایجاد آسیب‌های جدی انسانی می‌گردد. این مسئله متأثر از تحولات مرتبط مانند شهرنشینی و ساخت و سازها در مناطق با آسیب‌پذیری بالا است. در این مطالعه با هدف ارزیابی آسیب‌پذیری انسانی، مدلی شاخص محور تحت عنوان مدل ارزیابی آسیب‌پذیری پاپاثوما توسعه داده می‌شود و در نهایت سناریوهای مختلف آسیب‌پذیری انسانی ناشی از حریق در پی زلزله در سه زمان ۲ بامداد (سناریو شب)، ۱۴:۰۰ (سناریو زمان روز) و ۱۷:۰۰ (سناریو زمان اوج رفت و آمد) در دو سطح تعداد افراد مجروح و تعداد کشته‌شدگان در سطح مناطق ۱ و ۶ شهرداری شیراز واقع در استان فارس ارائه خواهد شد. تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده با توجه به روش تحقیق تحلیل کمی با استفاده از متدولوژی و نرم‌افزار HAZUS است. یافته‌ها در برآورد سطوح آسیب‌پذیری نهایی حاکی از تخمین بدترین سناریو مربوط به ساعت ۲ بامداد با بیشترین تعداد تلفات برابر با تعداد ۳۲۲۵۵٫۱۲ نفر زخمی و ۳۶۶۵۱٫۳۹۱ نفر کشته، در مجموع ۶۸۹۰۶٫۵ نفر مصدوم (افراد زخمی و کشته شده) است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی آسیب‌پذیری، تلفات، حریق در پی زلزله، مدل شاخص محور HAZUS، PTVA

Assessment of human vulnerability scenarios (casualty) in urban area by fire following earthquake

Leila eshrati^{1*}, Amir Mahmode zadeh², Masod Taghvae³

Abstract

Many built-up areas are threatened by multiple hazards, which pose a significant threat to humans, buildings and infrastructure. However, the analysis of the physical vulnerability towards multiple hazards is a field that still receives lower attention, although vulnerability analysis and assessment can contribute significantly to risk reduction efforts. In this paper, an indicator-based vulnerability approach, the PTVA (Papathoma Tsunami Vulnerability Assessment), was further modified to be applicable in a multi-hazard context. Finally, the study presented the number of people injured and killed in different scenarios of human vulnerability caused by fire following the earthquake, in three times (02:00 am, 02:00 pm and 5 pm) in districts 1 and 6 municipal city in Fars province, Iran. The collected data according to the quantitative analysis and software HAZUS was analysed. The estimation of ultimate vulnerability showed that on the worst scenario at 02:00 am, with the greatest number of casualties, the number of 10918.79 and 27517.72 injured people were killed, a total of 38,436.5 injured (wounded and killed) in the 6th district of Shiraz.

Key words: Vulnerability assessment, Casualty, Fire, earthquake, PTVA, HAZUS.

1 Phd of Urban Planning-, Research Institute of Shakhspajouh, University of Esfahan, Esfahan, Iran ; Email: Leila.eshrati@gmail.com

2 Assist .Prof, Dept .of Civil Engineer, Research Institute of Shakhspajouh, University of Esfahan, Esfahan, Iran

3 Professor, Dept .of Urban Planning , Research Institute of Shakhspajouh, University of Esfahan, Esfahan, Iran

جنس ساختمان‌ها، کاربری‌ها و زمان زلزله در ارزیابی آسیب‌پذیری انسانی مد نظر قرار داده شد [۱۲]. اسکندری و همکارانش، (۱۳۹۱) با بررسی و ارزیابی راهکارهای مؤثر کاهش حریق و انفجار پس از زلزله در خطوط لوله‌ی مدفون سوخت شهر کرمانشاه به ارزیابی خرابی در خطوط لوله‌ی مدفون سوخت پرداخته‌اند. صادقان (۱۳۹۲) با ارزیابی ریسک آتش‌سوزی شبکه‌ی گاز در کاربری‌های مختلف شهری پس از زلزله با در نظر گرفتن اندرکنش آن با شبکه‌ی برق (مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی ۲۰ شهر تهران) به تحلیل خطر و برآورد آسیب‌پذیری کالبدی و انسانی آتش‌سوزی پس از زلزله پرداخته است.

مهم‌ترین هدف در این مطالعه، با مطرح نمودن این پرسش که «آیا مدل شاخص محور PTVA توانایی ارزیابی پیامدهای حاصل از آسیب‌پذیری انسانی بر اساس سناریوهای مختلف در محدوده‌ی مورد مطالعه را دارا است؟»، توسعه‌ی رویکردی شاخص محور است که بستری را برای ارزیابی آسیب‌پذیری با استفاده از متدولوژی و نرم‌افزار HAZUS در مخاطرات مرکب (حریق در پی زلزله) فراهم آورد. مدل شاخص محور ارائه شده بر اساس انتخاب مشخصات رتبه‌هایی است که شاخص‌های آسیب‌پذیری انسانی را در محدوده‌ی مورد مطالعه مطرح می‌نماید. در نهایت می‌توان به این نکته اشاره داشت که مدل شاخص محور PTVA به منزله‌ی اساسی برای مدل ارائه شده در این مطالعه، انتخاب شده است که در ضمن با ملزومات ارزیابی آسیب‌پذیری مخاطرات مرکب (حریق در پی زلزله) در محدوده‌ی مورد مطالعه، مطابقت داده شده است.

روش تحقیق

برای انجام تحقیق، محدوده‌ای از شهر شیراز انتخاب گردیده است. مشخصات ارزیابی ریسک کمی برای محاسبه‌ی خسارات مستقیم انسانی استفاده شده است. از آنجایی که این مطالعه به دنبال به‌کارگیری نتایج و یافته‌ها در راستای بررسی میزان آسیب‌پذیری مناطق ۱ و ۶ شهرداری شیراز، به منظور کاهش خطرپذیری در پهنه‌ی مورد مطالعه است، از نوع تحقیقات کاربردی و اجرایی است.

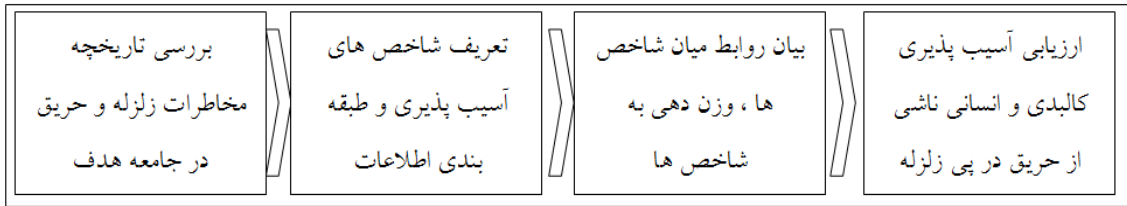
کاربرد مدل شاخص محور PTVA در این مطالعه بر اساس تصویر ۱ متشکل از چهار مرحله است:

۱. بررسی تاریخچه‌ی مخاطرات زلزله و حریق در جامعه‌ی هدف؛
۲. تعریف شاخص‌های آسیب‌پذیری و طبقه‌بندی اطلاعات؛
۳. بیان روابط میان شاخص‌ها و وزن دهی به شاخص‌ها؛
۴. در نهایت ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی و انسانی ناشی از مخاطرات مرکب (حریق در پی زلزله).

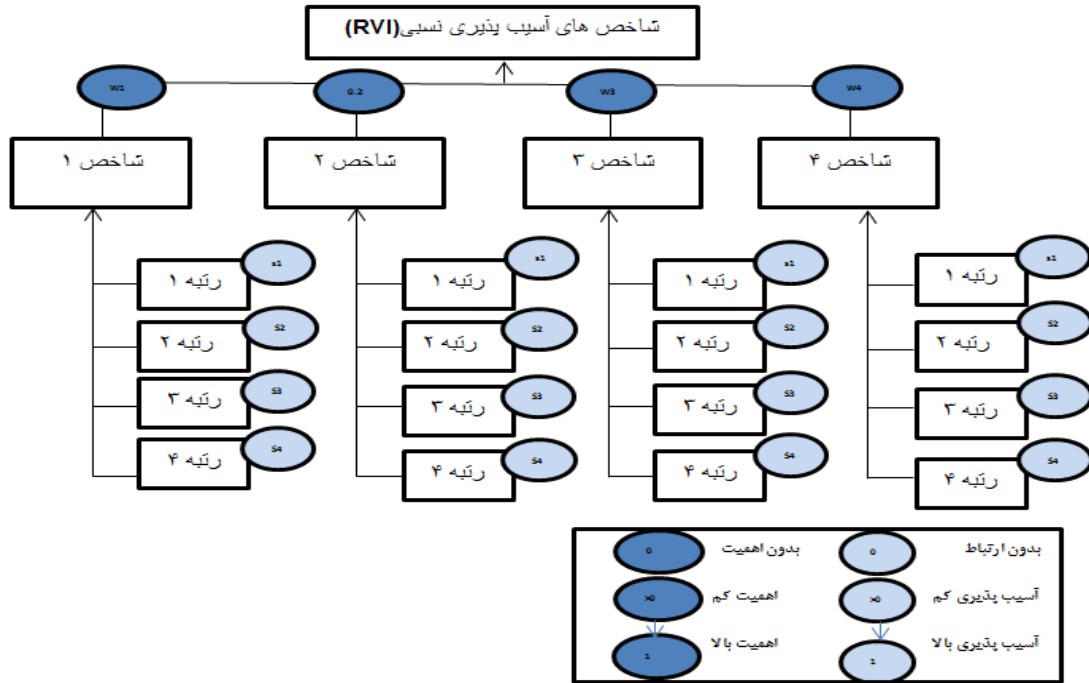
در مدل شاخص محور PTVA، شناسایی شاخص‌ها باید شامل آن دسته از ویژگی‌هایی باشد که در درجه‌ی اول در آسیب‌پذیری یک ساختار، مؤثر باشند. میزان اهمیت یک شاخص خاص برای ارزیابی آسیب‌پذیری مخاطرات خاص با توجه به فرایندها، متفاوت است. برای هر شاخص، امتیازات باید تعریف گردند

موضوع مخاطرات مرکب بسیار مرتبط با سیاست بین‌المللی و یکی از اولین منابع در دستور کار سازمان ملل متحد است [۱]. موضوع مخاطرات مرکب در درجه‌ی اول و از ابتدا در زمینه‌ی کاهش آسیب‌پذیری مورد استفاده قرار گرفت و به شدت، با هدف عملی کاهش خطر مشخص گردید [۲]. پس‌زمینه‌ی این مطالب برای جهانی امن‌تر، فرضیه و مفهومی در خصوص افزایش رویارویی بین انسان و محیط‌زیست طبیعی با نتیجه‌ی عواقب شدید برای زندگی بشر، رفاه و بهره‌وری اقتصادی است [۳]. رویدادهایی مانند زلزله و حریق، در ژاپن (۱۹۹۵) و همچنین در سال ۱۹۹۰ در اوکلاهامند هیل ایالات متحده‌ی آمریکا، باعث آسیب و زیان‌های شدید شده است [۴]. پیشینه‌ی تاریخی حوادث رخ داده بیانگر این واقعیت است که شهر شیراز همواره به خاطر داشتن ساختارهای مکانی ویژه، بحران‌های طبیعی زیادی را متحمل شده است. در این راستا مناطق ۱ و ۶ شهرداری شیراز به منزله‌ی نمونه‌ای قابل تعمیم به وضعیت کل شهر شیراز با توجه به نرخ رشد بالای جمعیتی، در بر داشتن محله‌ها با هر دو نوع بافت جدید و قدیمی با وجود سازه‌های نامناسب و عدم رعایت ابتدایی‌ترین نکات ایمنی در ساخت و سازهای شهری و وجود ۲۸ گسل مؤثر بر محدوده‌ی مورد مطالعه، انتخاب شده است [۵]. بنابراین با توجه به اهمیت مسئله در ابعاد مختلف مکانی و به منظور کاهش آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات مرکب زلزله و حریق، توجه و به‌کارگیری مدلی جدید، ضرورتی اساسی است. در این پژوهش به علت ویژگی خاص منطقه‌ی مورد مطالعه و به علت نگرانی در مورد احتمال تلفات ناشی از آتش‌سوزی، تلفات در پی آسیب سازه‌ای ناشی از وقوع آتش‌سوزی در پی زلزله محاسبه گردیده است. در این مطالعه از برآورد آسیب غیرسازه‌ای (برای مثال افتادن بخاری یا آبگرمکن و ...) به علت عدم وجود روش‌ها در متدولوژی HAZUS و عدم قطعیت‌های فراوان در این زمینه صرف نظر گردیده است.

مدل PTVA برای اولین بار برای استفاده از رکوردهای تاریخی سونامی، موج‌های پس از آن و ارزیابی آسیب‌ها، مورد استفاده قرار گرفته است [۶]. پس از آن، این مدل توسط ایالات متحده‌ی آمریکا در ارزیابی آسیب‌پذیری شاخص محور به کار گرفته شد [۷]. اولین تلاش در کاربرد مدل PTVA برای انواع مختلف مخاطرات غیر از سونامی، در سال ۲۰۰۷ در ارزیابی بالاترین احتمال آسیب‌های فیزیکی انجام پذیرفته است. پس از آن در سال ۲۰۱۱ در مطالعه‌ای ارزیابی آسیب‌پذیری توسط مدل PTVA در خصوص روان‌گرایی پس از زلزله در قسمتی از کوه‌های آلپ به کار گرفته شد [۸]. اسپنس و کابرن^۲ در سال ۲۰۰۶ در مطالعه‌ای، مدل تخمین تلفات را در چهار سطح مقیاس شدت آسیب انسانی و مفاهیمی اساسی مرتبط با سقوط ساختمان ارائه نموده‌اند [۹، ۱۰]. مرکامی^۳ در سال ۲۰۰۷ در مطالعه‌ای به ارزیابی تعداد تلفات انسانی توسط مدل درخت واقعه پرداخته است، که تنها شامل مرگ و میر ناشی از سقوط ساختمان‌ها است [۱۱]. سازمان آتش‌نشانی توکیو نیز در سال ۱۹۹۷ مدل اشتعال پس از زلزله ارائه کرد که در آن عواملی نظیر



تصویر ۱: مراحل توسعه‌ی مدل شاخص محور PTVA در این مطالعه [نگارندگان]



تصویر ۲: شاخص‌های آسیب‌پذیری نسبی^۴: [۱۴]

و وزن‌های مورد نظر بر اساس هدف خاص کاربر و ویژگی‌های مخاطرات حریق در پی زلزله انتخاب می‌گردند.

مزیت‌های کاربرد این مدل: ۱. ارزیابی آسیب‌پذیری با روش کمی و نسبی، در واقع آسیب‌پذیری انسانی در مدل ترکیبی از شدت و همپوشانی مخاطرات است؛ ۲. داده‌های با کیفیت بالا که مورد نیاز برای عملکرد مدل است؛ ۳. انعطاف‌پذیری مدل که امکان مطابقت با مخاطرات مختلف را به خوبی برای کاربر فراهم می‌کند. تلفات ناشی از زلزله و حریق در پی زلزله‌ی فرضی در این مطالعه توسط توسعه‌ی مدل درخت واقعه‌ی حوادث، بر اساس متدولوژی Hazus است. نمودار درخت واقعه بر اساس تصویر ۳ برای تخمین تعداد تلفات داخل ساختمان است. با فرض این که تمام احتمالات شاخه‌ها شناخته شده و با استنباط شده و احتمال وقوع آن‌ها به صورت تجمعی است، احتمال کشته شدن افراد (Pkilled) بر اساس تصویر ۳ ارائه می‌شود [۱۵].

1 Damage state معادل سطح آسیب سازه‌ای اندک،
 2 Damage state معادل سطح آسیب سازه‌ای متوسط،
 3 Damage state معادل سطح آسیب سازه‌ای گسترده،
 4 Damage state معادل سطح آسیب سازه‌ای کامل است.

که رتبه، ویژگی خاص را نشان می‌دهد. بر اساس نمرات و وزن آسیب‌پذیری نسبی، شاخص (RVI) محاسبه شده است که در آن آسیب‌پذیری یک ساختار (تصویر ۲) اندازه‌گیری می‌گردد. RVI با توجه به رابطه‌ی ۱ محاسبه می‌گردد [۱۴]:

$$RVI = \sum_{m=1}^m w_m \cdot I_{msn} \quad \text{رابطه‌ی ۱:}$$

محاسبه‌ی وزن‌های متفاوت شاخص‌ها با رابطه‌ی ۲ قابل محاسبه است:

$$w_1 - w_m \left(\sum_{m=1}^m w_m = 1 \right) \quad \text{رابطه‌ی ۲:}$$

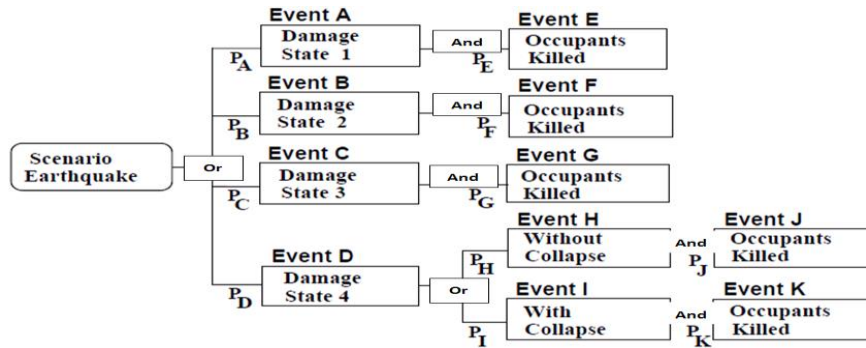
محاسبه‌ی رتبه‌های متفاوت که زیرشاخه‌ی شاخص‌ها است، با رابطه‌ی ۳ قابل محاسبه است:

$$I_{1s1} - I_{msn} \quad \text{رابطه‌ی ۳:}$$

رابطه‌ی مؤثر در آسیب‌پذیری (I1s1 - Imsn) با ارزش‌های بین ۰ و ۱

در این روابط w: وزن شاخص یا معیارها، I: رتبه، s: معیار، n: تعداد رتبه‌ها، m: تعداد شاخص‌ها است.

تصویر ۲ نشان می‌دهد که شاخص‌ها، برای ارزیابی آسیب‌پذیری می‌توانند مقایسه و اولویت‌بندی گردند. در این مطالعه نمرات با توجه به نوع خطر اختصاص داده می‌شوند



تصویر ۳: مدل درخت واقعه در برآورد تعداد تلفات بر اساس متدولوژی HAZUS

در ارزیابی آسیب ساختمان‌های عمومی و تسهیلات حساس در سطح محدودی مورد مطالعه، یک مجموعه‌ی جداگانه از منحنی‌های شکنندگی ساختمان که بیانگر احتمال آسیب سازه‌ای از نظر اوج شتاب زمین (PGA) است، استفاده می‌گردد [۱۳]. توابع آسیب سازه (میان و انحراف معیار) برای زمین‌لرزه برای هر نوع مدل سازه بر اساس طبقه‌بندی سال ساخت بر اساس مدل hazus است.

۱. شاخص سطح آسیب سازه‌ای (Sd): احتمال رسیدن و یا رد شدن سازه به یک سطح آسیب خاص، با توجه به طیف جابه‌جایی، انحراف معیار و میانگین که توسط تابع زیر تعریف می‌شود [۱۵]:

$$P[ds/sd] = \varphi \left(\frac{sd}{S_{d,ds}} \right) \ln \left[\frac{1}{\beta ds} \right] \quad \text{رابطه ی ۵:}$$

Sd, ds: میانگین طیف جابه‌جایی که در آن سازه به آستانه‌ی سطح خسارت می‌رسد،
 βds : لگ نرمال از انحراف استاندارد از طیف جابه‌جایی برای سطح خسارت، ds، و Φ : تابع توزیع تجمعی نرمال استاندارد است.
 Sd: طیف جابه‌جایی بر اساس تابع ذیل تعریف می‌شود، که در این مطالعه برای همه‌ی ساختمان‌ها در محدوده‌ی مورد مطالعه توسط شهرداری شیراز تهیه شده است [۵].

$$S_D[T] = 9.8 \cdot S_A[T] \cdot T^2 \quad \text{رابطه ی ۶:}$$

Sd[T]: طیف جابه‌جایی بر اساس اینچ
 Sd[T]: ظرفیت بازتاب ساختمان
 T: زمان تناوب اصلی نوسان

۲. شاخص تعریف زمان سناریو^۷: این مطالعه برآورد تلفات در سه زمان را فراهم می‌نماید: زلزله در ۲ بامداد (سناریو شب)، زلزله در ۱۴:۰۰ (سناریو زمان روز) و زلزله در ۱۷:۰۰ (سناریو زمان اوج رفت و آمد). در این سناریوها، تولید بیشترین تلفات جمعیت در خانه، در محل کار / مدرسه و در ساعات شلوغی انتظار می‌رود.

۳. شاخص جمعیت (نفر در کیلومتر مربع): تراکم جمعیت ۳۰۰۰ نفر در کیلومتر مربع در تجزیه و تحلیل با توجه به پیش‌فرض متدولوژی HAZUS استفاده می‌گردد. تراکم جمعیت در منطقه‌ی ۱ شهرداری شیراز ۷۸۰ نفر

PA احتمال وقوع Damage state 1، PE احتمال وقوع تلفات در پی وقوع Damage state 1، PB احتمال وقوع Damage state 2، PF احتمال وقوع تلفات در پی وقوع Damage state 2، PC احتمال وقوع Damage state 3، PG احتمال وقوع تلفات در پی وقوع Damage state 3، PD احتمال وقوع Damage state 4، PH احتمال وقوع تلفات در پی وقوع Damage state 4، PJ احتمال وقوع تلفات در پی وقوع Damage state 4، PI احتمال وقوع تلفات در پی وقوع Damage state 4، PK احتمال وقوع تلفات در پی وقوع Damage state 4.

$$P_{killed} = P_A * P_E + P_B * P_F + P_C * P_G + P_D * (P_H * P_J + P_I * P_K)$$

مبانی نظری

تعریف شاخص‌های آسیب‌پذیری و طبقه‌بندی اطلاعات

رویکرد ارزیابی ریسک در تعاریف (UNISDR) به صورت ترکیبی از خطر و آسیب‌پذیری تعریف می‌گردد [۱۶]. ارزیابی آسیب‌پذیری به شرایطی اطلاق می‌شود که به واسطه‌ی عوامل فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی تعیین و قابلیت تأثیرپذیری جوامع را در برابر صدمات ناشی از وقوع خطرات بالا برد و به آسیب‌پذیری فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی تقسیم می‌گردد. برآورد میزان آسیب‌پذیری تابعی از در معرض خطر قرار گرفتن^۸ و مستعد بودن در برابر خطر^۹ است [۱۷]. ارزیابی آسیب‌پذیری شاخص محور برای تعیین خطرات احتمالی مخاطرات استفاده می‌شود، که معادل با روش‌های شاخص‌گذاری، روش‌های نمره‌دهی و درجه‌بندی عددی است. در این روش‌ها، خطرات بر اساس یک سیستم نمره‌دهی رتبه‌بندی می‌شوند [۱۸].

شاخص‌های آسیب‌پذیری انسانی (تلفات ناشی از حریق در پی زلزله)

گام اول در ارزیابی تلفات، در منطقه‌ی مورد مطالعه بر اساس شناسایی شاخص‌های آسیب‌پذیری اجتماعی مستقیم است. وزن دادن به شاخص‌ها و رتبه‌ها با توجه به سطح اهمیت آن‌ها برای ارزیابی تلفات بر اساس نمرات و وزن آسیب‌پذیری نسبی شاخص (RVI) است که در رابطه‌ی ۱ محاسبه شده است. در ذیل به ارائه‌ی شاخص‌ها در برآورد تعداد تلفات ناشی از حریق در پی زلزله پرداخته می‌شود:

جدول ۱: پیش فرض روابط برای تخمین توزیع جمعیت بر اساس متدولوژی Hazus

کاربری	۱۷:۰۰	۱۴:۰۰	۰۲:۰۰ بامداد
مسکونی	جمعیت مسکونی شب ۰.۵(۰.۷۰)	جمعیت مسکونی در طول روز ۰.۷۵(۰.۷۰)	جمعیت مسکونی شب ۰.۹۹(۰.۹۹۹)
تجاری	تعداد افراد شاغل در بخش تجاری ۰.۵۰(۰.۹۸)	تعداد افراد شاغل در بخش تجاری ۰.۹۸(۰.۹۹)	تعداد افراد شاغل در بخش تجاری ۰.۰۲(۰.۹۹۹)
آموزشی	تعداد دانش آموزان ۰.۵۰(۰.۸۰)	تعداد دانش آموزان در مدارس ۰.۸۰(۰.۹۰)	
صنعتی	تعداد افراد شاغل در بخش صنعت ۰.۵۰(۰.۹۰)	تعداد افراد شاغل در بخش صنعت ۰.۸۰(۰.۹۰)	تعداد افراد شاغل در بخش صنعت ۰.۱۰(۰.۹۹۹)
هتل	۰.۲۹۹	۰.۱۹	۰.۹۹۹

تعیین احتمال رخداد زلزله: نتایج حاصل از برآورد پارامترهای لرزه خیزی بیانگر وقوع زمین لرزه ای با بزرگای بین ۶/۳ Ms تا ۶/۷ Ms در دوره ی بازگشت ۵۰ تا ۱۰۰ سال برای این گستره است. برآورد بیشینه مقادیر شتاب جنبش نیرومند زمین (PGA): پارامتر بیشینه مقدار شتاب جنبش نیرومند زمین معرف بیشینه دامنه ی مطلق جنبش نیرومند زمین است؛ افزایش آن معادل با خطر لرزه ای بیشتر سازه ای و به وجود آمدن خرابی های بیشتر است. برآورد بیشینه شتاب جنبش نیرومند زمین معادل با شتاب افقی ۰.۶g و شتاب قائم ۰.۵g بر اساس الگوی درخت منطقی بین دو مدل زمین لرزه ی شناور و مدل گسل سبزیوشان است [۱۳].

محاسبه ی قطعی سناریوی زلزله: برای محاسبه ی قطعی سناریو، محل زلزله، کانون و بزرگی سناریوی زلزله مشخص گردید. سناریوی زلزله ی تاریخی ۲۵ ژوئن ۱۸۲۴ شیراز با بزرگای زلزله ۶/۷ MS با بیشینه شتاب جنبش نیرومند زمین معادل با شتاب افقی ۰.۶g و شتاب قائم ۰.۵g تعیین گردید.

بیان روابط میان شاخص ها و وزن دهی به شاخص ها

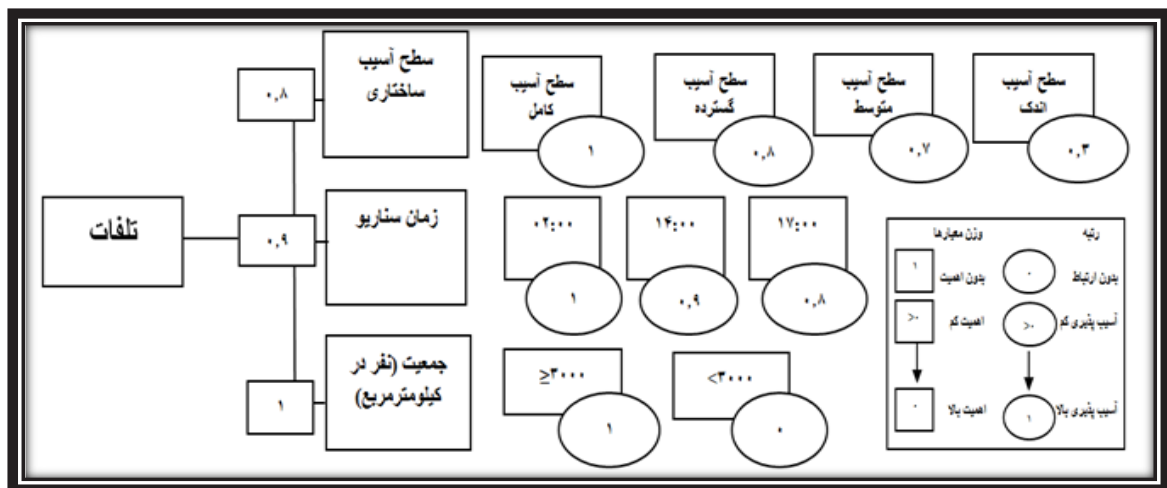
بیان روابط میان شاخص ها، وزن دهی به شاخص ها و رتبه ها بر اساس نمرات و وزن آسیب پذیری نسبی (RVI) رابطه ی ۱ است. شاخص ها و رتبه های مورد نیاز به منظور برآورد خسارت مستقیم انسانی (تلفات) با در نظر گرفتن عواقب ناشی از مخاطرات حریق در پی زلزله در تصویر ۴ آمده است:

در کیلومتر مربع و در منطقه ی ۶ شهرداری شیراز ۵۷۰ نفر در کیلومتر مربع است [۵]. داده های توزیع جمعیت، توزیع کاربری ها (توزیع ساختمان های موجود) در سطح سرشماری توسط مرکز آمار و اطلاعات مکانی شهرداری شیراز ارائه شده است. مقادیر پیش فرض ارائه شده در متدولوژی Hazus در این مطالعه بر اساس جدول ۱، بهترین تخمین از اطلاعات در دسترس هستند.

بحث و تحلیل یافته ها

بررسی سناریوی زلزله

معرفی گسل سبزیوشان: رخداد زمین لرزه های تاریخی پیرامون این گسل و حضور لایه های شکل پذیر که مانع رسیدن گسیختگی ها به سطح زمین می شوند، می تواند نشان دهنده ی فعال بودن گسل سبزیوشان باشد. می توان به رخداد زمین لرزه ی ۲۵ ژوئن ۱۸۲۴ شیراز با بزرگای ۶/۷ Ms در شمال غرب شهر شیراز با مختصات ۲۹/۸۰۰ (latitude) و ۵۲/۴۰۰ (longitude) به منزله ی نزدیک ترین زمین لرزه به ساختگاه مورد مطالعه اشاره کرد. از دیگر ویژگی های این گسل درازای ۷۵ کیلومتر با سازوکار راستالغز راست گرد، شیب ۹۰ درجه و فاصله ی حدوداً ۲ کیلومتر نسبت به محدوده ی مورد مطالعه است.



تصویر ۴: شاخص ها و رتبه های ارزیابی آسیب پذیری انسانی مخاطره ی حریق در پی زلزله بر اساس نمرات و وزن آسیب پذیری نسبی، شاخص (RVI) [نگارندگان]

در تصویر ۴ شاخص پراکنندگی جمعیت (نفر در کیلومتر مربع) با ارزش ۱، بالاترین وزن اهمیت در تخمین تلفات ناشی از زلزله و حریق در محدوده‌ی مورد مطالعه را دارا است. همچنین زمان سناریوی زلزله دارای ارزش ۰٫۹ در تخمین تلفات مخاطرات مرکب مذکور است. احتمال خسارات به ساختمان‌ها با ارزش ۰٫۸ توسط تخمین خسارات مستقیم فیزیکی به ساختمان‌های عمومی و تسهیلات حساس در چهار رتبه‌ی سطح اندک^۱، متوسط^۲، گسترده^۳ و کامل آسیب^۴، قابل محاسبه است. پس از اعمال هر یک از شاخص‌ها و رتبه‌های مطروحه با نرمات و وزن‌ها که توسط روش آسیب‌پذیری شاخص نسبی، (RVI) محاسبه گردیده است، در رابطه‌ی مربوط به محاسبه‌ی تعداد تلفات، خروجی‌ها تحت عنوان لایه‌ها به نرم‌افزار GIS وارد می‌گردد و در نهایت با همپوشانی لایه‌ها در راستای ارزیابی پیامدهای حاصل از آسیب‌پذیری انسانی بر اساس سناریوهای مختلف در محدوده‌ی مورد مطالعه، تعداد تلفات انسانی در ساختمان‌های عمومی و تسهیلات ضروری نمایش داده می‌شوند.

یافته‌ها در برآورد تلفات

سناریوی ۲ بامداد (سناریوی شب)

منطقه‌ی ۱:

نتایج نشان می‌دهند که در مجموع در اثر رخداد حریق در پی زلزله در سطح این منطقه ۲۱۳۳۶٫۳۳ نفر زخمی و ۹۱۳۳٫۶۷۱ نفر

کشته می‌گردند. در کل ۳۰۴۷۰٫۰ نفر مصدوم (افراد زخمی و کشته شده) در سطح منطقه‌ی ۱ در پی سناریوی شب رخداد مخاطرات مرکب برآورد می‌گردد.

منطقه‌ی ۶:

در مجموع در اثر رخداد زلزله در سطح این منطقه در اثر رخداد حریق در پی زلزله ۱۰۹۱۸٫۷۹ نفر زخمی و ۲۷۵۱۷٫۷۲ نفر کشته می‌گردند. در کل ۳۸۴۳۶٫۵ نفر مصدوم (افراد زخمی و کشته شده) در سطح منطقه‌ی ۶ در پی سناریوی شب رخداد مخاطرات مرکب برآورد می‌گردد. نتایج به شرح تصویر ۵ است.

سناریو ۱۴:۰۰ (سناریو زمان روز)

منطقه‌ی ۱:

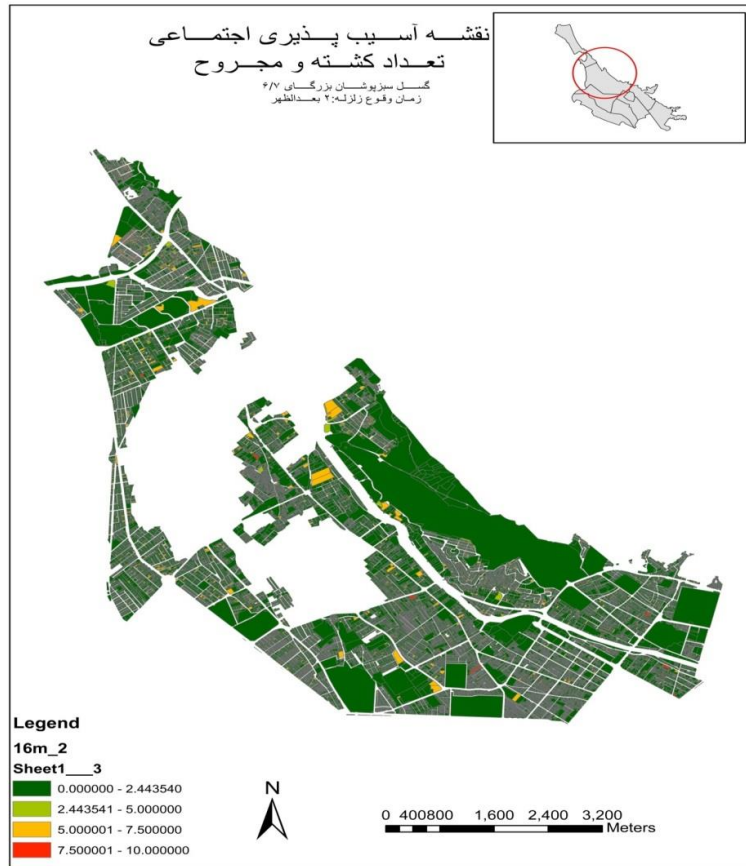
نتایج نشان می‌دهند که در مجموع ۱۶۲۳۳٫۲۳ نفر زخمی و ۶۷۹۳٫۴۳۱ نفر کشته می‌گردند. در کل ۲۳۰۲۶٫۶۶۱ نفر مصدوم (افراد زخمی و کشته شده) در سطح منطقه‌ی ۱ در پی سناریوی شب رخداد مخاطرات مرکب برآورد می‌گردد.

منطقه‌ی ۶:

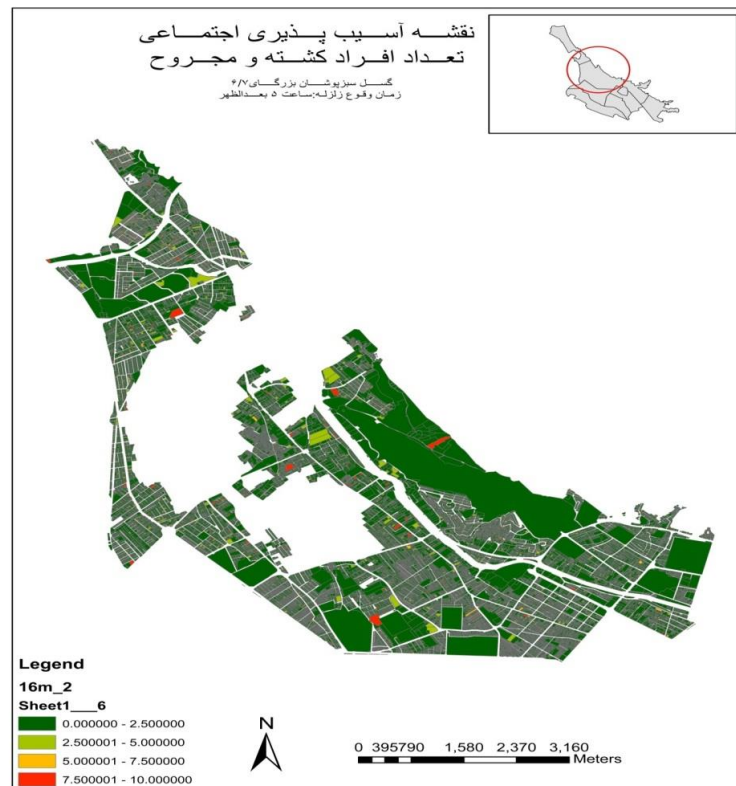
در مجموع ۸۲۳۱٫۱۳۴ نفر زخمی و ۲۰۸۰۶٫۰۸۴ نفر کشته می‌گردند. در کل ۲۹۰۳۷٫۲۱۸ نفر مصدوم (افراد زخمی و کشته شده) در سطح منطقه‌ی ۶ در پی سناریوی شب رخداد مخاطرات مرکب برآورد می‌گردد. نتایج به شرح تصویر ۶ است.



تصویر ۵: نقشه‌ی آسیب‌پذیری اجتماعی (تعداد افراد کشته و مجروح) - سناریو ۲ بامداد



تصویر ۶: نقشه‌ی آسیب‌پذیری اجتماعی (تعداد افراد کشته و مجروح) - سناریو ۱۴:۰۰



تصویر ۷: نقشه‌ی آسیب‌پذیری اجتماعی (تعداد افراد کشته و مجروح) - سناریو ۱۷:۰۰

۱۰۱

شماره دوازدهم

بایزوزمستان

۱۳۹۶

دوفصلنامه
علمی و پژوهشی



ارزیابی سناریوهای آسیب انسانی (تلفات) در کاربری‌های
شهری بر اثر حریق در پی زلزله

منطقه ۱:

نتایج نشان می‌دهند که در مجموع ۱۰۶۶۷,۹۹۴ نفر زخمی و ۹۰۵۶,۳۲۱ نفر کشته می‌گردند. در کل ۱۹۷۲۴,۳۱۵ نفر مصدوم (افراد زخمی و کشته شده) در سطح منطقه ۱ در پی سناریوی شب رخداد مخاطرات مرکب برآورد می‌گردد.

منطقه ۶:

در مجموع ۵۵۴۳,۴۷۸ نفر زخمی و ۲۳۸۱۹,۰۷۲ نفر کشته می‌گردند. در کل ۲۹۳۶۲,۵۵ نفر مصدوم (افراد زخمی و کشته شده) در سطح منطقه ۶ در پی سناریوی شب رخداد مخاطرات مرکب برآورد می‌گردد. نتایج به شرح تصویر ۷ است.

نتیجه‌گیری

ارزیابی آسیب‌پذیری مخاطرات حریق در پی زلزله، امکان شناسایی پهنه‌های در معرض ریسک و همچنین مطالعات تکمیلی با جزئیات بیشتر را در این خصوص در محدوده‌ی مورد مطالعه فراهم می‌آورد. در این مطالعه نقشه‌ی آسیب‌پذیری انسانی (تلفات) بر اساس سناریوهای رخداد مخاطرات حریق در پی زلزله در سه زمان ۲ بامداد (سناریو شب)، ۱۴:۰۰ (سناریوی زمان روز) و ۱۷:۰۰ (سناریوی زمان اوج رفت و آمد) در دو سطح تعداد افراد مجروح و تعداد کشته‌شدگان، با توسعه‌ی مدل PTVA و نرم‌افزار HAZUS در سطح مناطق ۱ و ۶ ارائه می‌گردد. نتایج نشان‌دهنده‌ی این موضوع است که در کل در پهنه‌ی مورد مطالعه در نتیجه‌ی برآورد آسیب‌پذیری انسانی (تلفات)، در سناریوی ۲ بامداد، تعداد ۳۲۲۵۵,۱۲ زخمی و ۳۶۶۵۱,۳۹۱ نفر کشته خواهند شد. در سناریوی ساعت ۱۴:۰۰، تعداد ۲۴۴۶۴,۳۶۴ نفر زخمی و ۲۷۵۹۹,۵۱۵ نفر کشته برآورد می‌گردد. در سناریوی ساعت ۱۷:۰۰، تعداد ۱۶۲۱۱,۴۷۲ نفر زخمی و ۳۲۸۷۵,۳۹۳ نفر کشته برآورد می‌گردد که در مجموع بدترین سناریو مربوط به ساعت ۲ بامداد با بیشترین تعداد تلفات برابر با تعداد ۶۸۹۰۶,۵ نفر مصدوم در اثر رخداد حریق در پی زلزله است. اما آنچه این پژوهش را متفاوت ساخته است، استفاده از مدل PTVA در ارائه‌ی سطوح آسیب‌پذیری نهایی حاصل از وقوع مخاطرات حریق در پی زلزله است. از مزیت کاربرد این مدل انتخاب، تعریف و طبقه‌بندی جدید شاخص‌هایی است که مطرح‌کننده‌ی شاخص‌های آسیب‌پذیری انسانی (تلفات) است و همچنین نمایش روابط و وزن‌دهی به شاخص‌ها با روش کمی و نسبی در الگوی شاخص نسبی آسیب‌پذیری (RVI) است. این بدین معنا است که شاخص‌های بالقوه در ارزیابی تلفات حریق در پی زلزله فراتر از یک محاسبه‌ی جمع ساده از شاخص‌های مخاطرات منفرد زلزله و حریق است. نتایج این مطالعه با قبول این فرض که مدل شاخص محور PTVA توانایی ارزیابی پیامدهای حاصل از آسیب‌پذیری انسانی بر اساس سناریوهای مختلف در محدوده‌ی مورد مطالعه را دارا است، می‌تواند به منزله‌ی نمونه‌ای قابل تعمیم مبنایی برای تحقیقات آینده باشد و در ارزیابی آسیب‌پذیری مخاطرات مختلف با روش

کمی و نسبی در همه‌ی مناطق کشور مورد استفاده‌ی پژوهشگران قرار گیرد.

پی‌نوشت

1. Papathoma Tsunami Vulnerability Assessment (PTVA)
2. Spens & Kabern
3. Murkami
4. Relative Vulnerability Index (RVI)
5. Exposure
6. Capacity
7. Scenario time definition
8. Slight Structural Damage
9. Moderate Structural Damage
10. Extensive Structural Damage
11. Complete Structural Damage

منابع

1. UNEP (1992). Agenda 21. Tech. rep., United Nations Environment Programmed. URL http://www.un.org/esa/dsd/agenda21/res_agenda21_07.shtml. Access 03 September 2009, paragraph 7.61
2. Olfert, A., Greiving, S. & Batista, M. (2006). Regional multi-risk review, hazard weighting and spatial planning response to risk - results from European case studies. URL http://arkisto.gtk.fi/sp/SP42/9_regio.pdf. Access 10 March 2010, P 128.
3. Barredo, J. (2009). Normalized old losses in Europe: 1970-2006. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 9: P 97-104.
4. Scawthorn, C., Eidinger, J. M., and Schiff, A. J. (2005). Fire Following Earthquake. Technical Council on Lifeline Earthquake Engineering Monograph, No. 26, American Society of Civil Engineers, Reston, P 145-345.
5. شهرداری شیراز (۱۳۹۳). *مطالعات مرحله‌ی اول بازنگری طرح تفصیلی مناطق شیراز منطقه‌ی یک و شش شهرداری شیراز*. شیراز، انتشارات معاونت شهرسازی و معماری، مهندسان مشاور فرهنگ، جلد دوم، ویرایش نخست.
6. Papathoma, M. & Dominey-Howes, D. (2003). Tsunami vulnerability assessment and its implications for coastal hazard analysis and disaster management planning, Gulf of Corinth, Greece. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 3: P 733-747.
7. Papathoma-Kohle, M., Kappes, M., Keiler, M. & Glade, T. (2011). Physical vulnerability assessment for Alpine hazards - state of the art and future needs. *Natural Hazards*, 58: P 645-680.

8. Kappes, M. (2011). Multi RISK: a Platform for Multi-Hazard Risk Analyses and Visualization Users' Manual. Tech. rep., University of Vienna, P 54.
9. Fuchs, S. (2009a). Mountain hazards, vulnerability, and risk - a contribution to applied research on human-environment interaction. Habilitation, University of Innsbruck 78.
10. Tate, E., Cutter, S. & Berry, M. (2010). Integrated multi hazard mapping. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 37: P 646-663.
11. European Commission (2011). Risk assessment and mapping guidelines for disaster management. Commission stewarding paper, European Union 65.
12. Hewitt, K. & Burton, I. (1971). Hazardousness of a Place: A Regional Ecology of Damaging Events. Toronto, P 5.
۱۳. مطالعات وزارت نیرو (۱۳۸۴). مطالعات مرحله‌ی اول لرزه‌خیزی و لرزه‌ی زمین‌ساخت، انتشارات شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس، جلد اول، ویرایش نخست، شیراز.
14. Kappes, M., Keiler, M. & Glade, T. (2010). From single- to multi-hazard risk analyses: a concept addressing emerging challenges. In Mallet, J.-P., Glade, T. & Casagli, N. (Eds.), *Mountain Risks: Bringing Science to Society*. Proceedings of the International Conference, Florence. CERG Editions, Strasbourg, P 351-356.
15. FEMA (2003): Multi-hazard loss estimation methodology: earthquake model. HAZUS-MH MR3. Technical manual, FEMA, P79-512.
- URL <http://www.fema.gov/plan/prevent/hazus/>.
16. UN-ISDR (2009a). Global assessment report on disaster risk reduction. Tech. rep., United Nations - International Strategy for Disaster Reduction. URL <http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/report/index.php?id=9413>. Access 1 September 2009, P 11.
17. Birkmann, J. (2007). Risk and vulnerability indicators at deferent scales: applicability, usefulness and policy implications. *Environmental Hazards* 7(1): P 20 - 31.
18. Sperling, M., Berger, E., Mair, V., Bussadori, V. & Weber, F. (2007). Richtlinien zur Erstellung der Gefahrenzonenplane (GZP) und zur Klassifizierung des spezifischen Risikos (KSR). Tech. rep., Autonome Provinz Bozen, P 39.
۱۹. مطالعات مدیریت بحران شهرداری شیراز (۱۳۹۳). گزارش پهنه‌بندی خطر زلزله، معاونت شهرسازی و معماری، مهندسان مشاور فرهنگ، جلد اول، ویرایش نخست.

۱۰۳

شماره دوازدهم

بایزومستان
۱۳۹۶

دوفصلنامه
علمی و پژوهشی



