



## پهنه بندی آسیب پذیری کالبدی بافت کهن کرمان در برابر زلزله احتمالی با استفاده از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>۱</sup> و روش آنتروپی<sup>۲</sup>

دکتر علیرضا فلاحی<sup>۱</sup> و سعیده اسدی<sup>۲</sup>

۱. استاد و مدیر گروه پژوهشی بازسازی پس از سانحه، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. alifallahi30@gmail.com  
۲. کارشناس ارشد بازسازی پس از سانحه، گروه پژوهشی بازسازی پس از سانحه، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.  
(نویسنده مسئول). Saeedehasadi1363@gmail.com

### چکیده

**زمینه و هدف:** بخش مرکزی بافت کهن کرمان با وجود بناهای مهم تاریخی امروزه با مشکلات کالبدی فراوانی که موجب پیدایش عوامل بنیادی آسیب پذیری در مقابل زلزله شده اند، روبروست. پیچیدگی آسیب پذیری کالبدی بافت‌های تاریخی و فرسوده، به نوبه خود بررسی و پیش بینی نقاط بحرانی آنها از بُعد کالبدی به عنوان اولین پیامد زلزله را با استفاده از ابزارهای دقیق، ضروری می سازد.

**روش:** در مقاله حاضر با استفاده از نرم افزار جی آی اس و روش وزن‌دهی به شاخص‌ها و همپوشانی وزنی آنها، نقشه پهنه‌های آسیب پذیر کالبدی بخش مرکزی بافت تهیه شده است. در این بررسی از ۸ شاخص اصلی که بر اساس مطالعه سوابق پژوهش‌ها و مشاهدات دقیق و کارشناسی در آسیب پذیری کالبدی این ناحیه مؤثر بوده اند، استفاده شده است.

**یافته‌ها:** پهنه‌های شمالی، مرکزی و جنوبی بافت با ریزدانی بیشتر، کیفیت پایین ساختمانی، فاصله کم از مسیرهای عبور قنات و شبکه معابر نابسامان و کم عرض، دارای خطر کالبدی بالایی می باشند. از سویی نیز تراکم بالای جمعیت در بخش جنوبی بافت، آسیب پذیری آن را افزایش داده است.

**نتیجه گیری:** بنا به یافته‌های پژوهش بخش‌های شمال، جنوب و مرکز بافت و همچنین شریان‌های شمال و جنوب آن، از بعد کالبدی آسیب پذیر بوده که نیازمند انجام اقدامات کاهنده ای مانند حفظ استمرار عملکرد شریان غربی حین بحران زلزله، ساماندهی فضاهای باز پراکنده درونی بافت، افزایش خوانایی بافت با کمک عناصر شاخص آن و کنترل طبقات، محصوریت‌ها و غیره با هدف کاهش خطر زلزله، می باشند.

**واژه‌های کلیدی:** پهنه بندی آسیب پذیری کالبدی، بافت کهن کرمان، زلزله، سیستم اطلاعات جغرافیایی.

◀ **استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** فلاحی، علیرضا؛ اسدی، سعیده (تابستان ۱۳۹۵)، پهنه بندی آسیب پذیری کالبدی بافت کهن کرمان در برابر زلزله احتمالی با استفاده از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش آنتروپی. *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران*، ۶ (۲)، ۱۴۹-۱۵۹.

## Physical vulnerability zoning of Kerman old texture against possible earthquake by using GIS software and anthropy method

Alireza Fallahi<sup>1</sup>, PhD & Saeedeah asadi<sup>2</sup>

1. Professor and Head of post disaster reconstruction Department, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.  
2. Post disaster reconstruction Department, Shahid Beheshti university, Tehran, Iran. Saeedehasadi1363@gmail.com

### Abstract

**Background and objective:** Central part of the old texture of Kerman is important for locating historical monuments and today is facing with many physical problems which create fundamental vulnerability factors against the possible earthquakes. The complexity of physical vulnerability in the historical contexts, in turn makes necessary the study and prediction of critical points during an earthquake using a precision instruments.

**Method:** In this paper, using the GIS software and weighting method to indicators and overlapping the layers, the physical vulnerability zoning map of the texture is provided. 8 main indicators which were effective in physical vulnerability zoning based on background research and careful observation by expert have been used.

**Findings:** The northern, central and southern zones of the texture which have more small plots, poor quality of construction, less distance from the Qanats networks and chaotic and narrow road networks, are in higher physical risks. In addition, the high population density in the southern part of the texture has increased its overall risk in this part.

**Conclusion:** according to the research findings the northern, central and southern parts of the texture as well as northern and southern streets have physical vulnerabilities and require reducing actions such as maintaining continuity of western street performance during the earthquake emergency, organizing open spaces scattered within the texture, increase texture eligibility by using the distinctive elements and controlling the number of floors and closeness and ect, with the aim of reducing the risk of earthquake.

**Keywords:** physical vulnerability zoning, the old texture of Kerman, earthquake, geographical information system (GIS).

▶ **Citation (APA 6th ed.):** Fallahi, A. Asadi, S. (2016, Summer). Physical vulnerability zoning of Kerman old texture against possible earthquake by using GIS software and anthropy method. *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK)*, 6(2), 149-159.

1. GIS

۲. مقاله حاضر برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده می باشد که در سال ۱۳۹۰ با راهنمایی دکتر علیرضا فلاحی در گروه پژوهشی بازسازی پس از سانحه دانشگاه شهید بهشتی دفاع شده است.

## مقدمه

دکتر بحرینی در کتاب خود (بحرینی، ۱۳۷۷) با نگاهی کلی به عواملی نظیر مسائل زمین شناختی، مقاومت سازه ای ساختمان ها، شبکه ارتباطی، نوع بافت و تراکم منطقه ای حین برنامه ریزی و خصوصیات همه جانبه محیط پیرامون، به عنوان مؤلفه های مؤثر در افزایش یا کاهش میزان آسیب پذیری در برابر سوانح اشاره نموده است (ص ۵). همچنین مهندس احمدی (احمدی، ۱۳۷۶) در پژوهشی با هدف بررسی آسیب پذیری بافتهای تاریخی از دید شهرسازی عوامل کالبدی دیگری مانند بافت متراکم و فشرده، کیفیت نازل تاسیسات و تجهیزات شهری، قرار گرفتن در مرکز شهر و عدم وجود مراکز درمانی و امداد رسانی در داخل بافت را مهم قلمداد کرده است.

(شیعه و همکاران، ۱۳۸۹) امروزه استفاده از فن آوری های نوین سیستم اطلاعات جغرافیایی به منظور ارزیابی، در کشورهای پیشرفته فراگیر و تحقیقات بسیاری در این زمینه صورت گرفته است؛ که می تواند کمک فراوانی در پیش بینی مناطق آسیب پذیر و همچنین کمک به مجروحین و ساماندهی پس از سانحه باشد (ص ۳). بر اساس پژوهشهای اخیر به نظر می رسد (خسروی و همکاران، ۱۳۸۹) دانش شهرسازی با تکیه بر داده های جغرافیایی می تواند با تبیین اصول و مفاهیم خود و با استفاده از این داده ها، اصول مدیریتی لازم جهت کاهش آسیب پذیری شهرها در برابر این حوادث را به اجرا در آورد. نتایج اینگونه مطالعات (آسیب پذیری کالبدی) امکان دستیابی به الگوهایی جهت ایمنی و مقاوم سازی ساختمان های مسکونی در نواحی شهری را فراهم می سازد (ص ۱۲۳).

اخیراً برای محاسبه میزان آسیب پذیری کالبدی، چندین مدل به منظور جهت دهی به تصمیم گیری جامع در کاهش آسیب پذیری ناشی از زلزله در کاربرد نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی ارائه شده است. در سال ۲۰۰۳ راشد (راشد و ویکس، ۲۰۰۳) با روش AHP و نرم افزار جی آی اس میزان آسیب پذیری ناشی از زلزله را با استفاده از شاخص های مؤثر، مدل سازی کرد. در مدل ارائه شده توسط دکتر حبیبی (حبیبی و همکاران ۱۳۸۷)، در تعیین عوامل سازه ای یا ساختمانی مؤثر در آسیب پذیری بافت کهن شهری زنجان از نرم افزار جی آی اس و FUZZY LOGIC استفاده شده است. با

آسیب پذیری کالبدی بافت تاریخی در برابر سوانح طبیعی از جمله زلزله و تکرارپذیر بودن این پدیده، موضوعی است که تاکنون زیان های غیر قابل جبران به اندوخته میراث تاریخی شهرها وارد کرده است. در بسیاری از موارد مشابه، بررسی میزان آسیب کالبدی و صدمات ناشی از زلزله نشان دهنده ارتباط مستقیم یا غیرمستقیم خسارات ایجاد شده با وضع نامطلوب برنامه ریزی شهری در آن نواحی است. با توجه به احتمال رخداد زلزله در شهر کرمان و تجارب تلخ زلزله های اخیر استان و نیز تراکم بالای عناصر با ارزش فرهنگی، تاریخی و میراثی در بخش مرکزی بافت کهن، اهمیت اقتصادی آن به دلیل وجود بازار، تراکم بالای جمعیت در طول روز در کنار تراکم و فرسودگی بناها و فقدان تجهیزات و تسهیلات مقابله با سوانح غیر مترقبه، صدمات و آسیب های غیر قابل جبران به وجود خواهد آمد. کاهش آسیب پذیری کالبدی بافت کهن کرمان در برابر زلزله در مرحله نخست نیازمند شناخت و پیش بینی تاثیرات کالبدی زلزله با استفاده از ابزاری دقیق است. از آنجا که در این بافت، ابنیه دارای ارزش میراثی و بافت فرسوده در هم تنیده هستند عوامل مداخله گر، پیچیدگی آسیب پذیری کالبدی آن را حین زلزله بیش از سایر بخش های بافت شهری است. به نظر می رسد پهنه بندی آسیب پذیری کالبدی به عنوان نخستین پیامد پس از رخداد زلزله با استفاده از ابزاری که توانایی ترکیب عوامل مؤثر در آسیب پذیری کالبدی و پیش بینی نقاط بحرانی زلزله را داشته باشد، کارآمد خواهد بود.

از دیدگاه مدیریت بحران ارزیابی آسیب پذیری یکی از بخش های مهم در ارزیابی خطرپذیری است. به عقیده دکتر فلاحتی و دکتر جهانگیری از صاحب نظران این زمینه (فلاحتی، جهانگیری، ۱۳۸۸) «آسیب پذیری، عوامل یا مجموعه ای از مشکلات اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، فیزیکی یا جغرافیایی است که از توان یک جامعه برای کسب آمادگی در برابر بلایا و سازگاری با اثرات و پیامدهای منفی ناشی از مخاطرات می کاهد». (ص ۶۵). که در پژوهش حاضر هدف بر بررسی آسیب پذیری کالبدی بافت نهاده شده است. بدین ترتیب در ارزیابی میزان آسیب کالبدی شهر در برابر سانحه عوامل گوناگونی مدنظر قرار می گیرند.

تراکم ساختمانی، تراکم جمعیتی، کاربری زمین و کیفیت ابنیه به محدوده‌های مختلف امتیاز آسیب پذیری داده شده است. پیش‌گامی فرد نیز جهت مدیریت بحران شهری، پهنه‌های خطرپذیر منطقه ۸ شهر تبریز (پیش‌گامی فرد و همکاران، ۱۳۹۰) را که به عنوان منطقه تاریخی و فرهنگی شهر شناخته شده و دارای اماکن تاریخی با ارزش، بافت‌های فرسوده، ترافیک سنگین و تراکم جمعیت بالا می‌باشد، با استفاده از مدل AHP در محیط جی‌آی‌اس مدل‌سازی و تعیین کرده‌اند. در این بررسی به شاخص‌های از جمله فاصله از مراکز خطر، فاصله از معابر درجه یک، تراکم جمعیت، کیفیت ابنیه، دسترسی به فضاهای باز و غیره توجه شده است. بنابراین با توجه به سابقه کاربرد این نرم‌افزار در ارزیابی آسیب پذیری کالبدی بافت‌های شهری و بررسی مباحث نظری در این باب می‌توان شاخص‌های مؤثر در آسیب پذیری کالبدی بافت‌های شهری را به طور خلاصه بیان کرد (جدول ۱)

توجه به زمینه مرتبط این مورد مطالعاتی و پژوهش حاضر می‌تواند از عواملی همچون قدمت ساختمان، اسکلت ساختمان، کیفیت بنا، مساحت قطعات تفکیکی، رابطه پر و خالی، تعداد طبقات، درجه محصوریت معابر، عرض معابر، فاصله سکونتگاه‌ها از فضاهای بی‌کالبد (فضای باز)، فاصله سکونتگاه‌ها از مراکز درمانی و میزان دسترسی به مراکز آتش‌نشانی به عنوان معیارهای اصلی و مؤثر در بافتهای کهن نام برد که به صورت لایه‌هایی از داده‌ها بر اساس شاخص آنتروپی رتبه‌بندی و سپس در طی فرآیندی نقشه‌خطرهای ناشی از زلزله توسط نرم‌افزار مذکور تهیه شده است. همچنین در روش کاربردی ارائه شده توسط دکتر شیعه به منظور بررسی میزان آسیب پذیری منطقه ۶ تهران (شیعه و همکاران، ۱۳۸۹) با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس IHWP در محیط جی‌آی‌اس با استفاده از شاخص‌هایی مانند دسترسی به مراکز درمانی، نسبت بین عرض خیابان و ارتفاع ساختمانها (درجه‌محسوریت)،

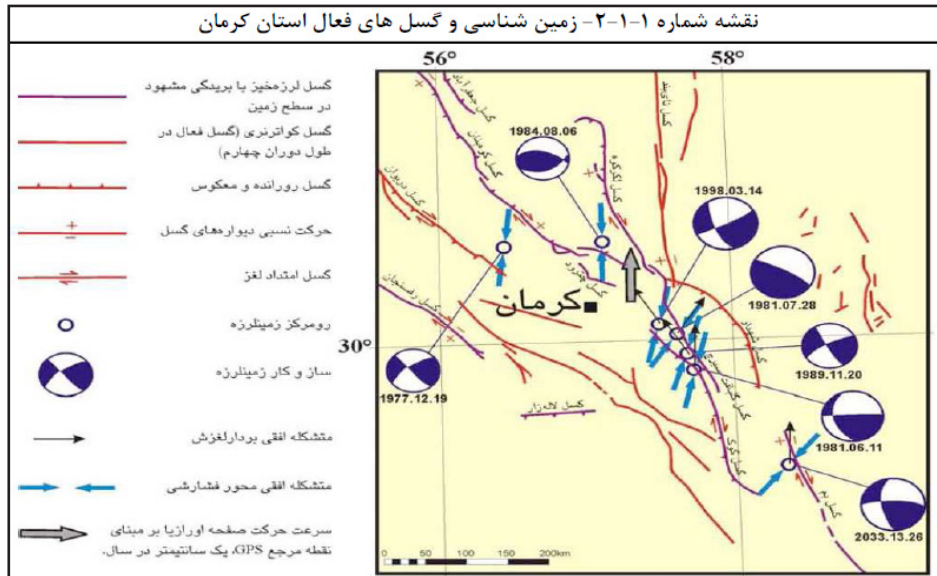
جدول ۱. سوابق به کارگیری شاخص‌های مؤثر در آسیب پذیری کالبدی

شاخص‌ها										صاحب‌نظران	
تراکم شهری		نوع بافت		شبکه ارتباطی		مقاومت سازه‌ای ساختمانها		عوامل زمین‌شناختی		بحرینی ۱۳۷۷	
دسترسی به مراکز امداد رسانی			دسترسی به مراکز درمانی			کیفیت تاسیسات و تجهیزات شهری			تراکم و فشردگی		احمدی ۱۳۷۶
تعداد طبقات	فاصله سکونتگاه‌ها از فضای باز	عرض معابر	درجه محصوریت معابر	رابطه پر و خالی	فاصله از مراکز درمانی	مساحت قطعات تفکیکی	کیفیت بنا	اسکلت ساختمان	قدمت ساختمانها	حبیبی و همکاران ۱۳۸۷	
کاربری زمین		کیفیت ابنیه		تراکم جمعیتی		تراکم ساختمانی		دسترسی به مراکز درمانی		شیعه و همکاران ۱۳۸۹	
دسترسی به فضاهای باز		کیفیت ابنیه		تراکم جمعیت		فاصله از معابر درجه یک		فاصله از مراکز خطر		پیش‌گامی فرد و همکاران ۱۳۹۰	

که محدوده مطالعاتی پژوهش است بازار و مجموعه گنجعلیخان، مسجد جامع، بازار و کاروانسرای وکیل، میدان ارگ و بسیاری از خانه‌های سنتی با ارزش را در خود جای داده است. در واقع تراکم آثار با ارزش تاریخی در این قسمت بسیار زیاد می‌باشد (تصویر ۲). این بخش دارای مساحت تقریبی ۴۸۰۰۰۰ متر مربع است و تنوع دسترسی به آن از نقاط مختلف شهر از طریق خیابان‌های شریعتی در شمال، امام خمینی در جنوب و قدس و طالقانی در غرب آن میسر شده است. بخش مرکزی بافت کهن به این دلیل که قسمت عمده آن

از دیدگاه زمین‌شناختی، منطقه کرمان جز مناطق مرکزی، رشته‌کوه‌های خاور و مکران می‌باشد که موجب لرزه‌خیزی بسیار زیاد این شهر و نواحی اطراف آن شده است. در نقشه زمین‌شناسی استان کرمان (تصویر ۱)، وضعیت گسل‌ها در حوالی این شهر به خوبی مشخص شده است. بر اساس پژوهش انجام شده توسط شرکت مشاوره شارستان (۱۳۸۸) (۹). در طرح مطالعاتی نوسازی و بهسازی محدوده بافت کهن کرمان این بافت در بخش مرکزی شهر کرمان واقع شده و شامل بخش مرکزی و پیرامونی می‌باشد. بخش مرکزی

را بازار و بناهای تاریخی فراگرفته اند دارای جمعیت ثابت کمتری نسبت به بافت پیرامونی اش می باشد و میانگین جمعیت آن حدود ۷۵ تا ۱۰۰ نفر در هکتار است. اما در طول روز جمعیت آن به دلیل وجود گردشگران، شهروندان و بازاریان افزایش می یابد. کاربری عمده ناحیه شمالی بافت شامل تجاری، گردشگری و انبار است و در مقابل ناحیه جنوبی آن با جمعیت ثابت بیشتر دارای کاربری مسکونی است.



تصویر ۱. زمین شناسی و گسل های فعال استان کرمان، منبع: مهندسین مشاور شارتان.

در پژوهش حاضر سعی شده است با کنار هم قرار دادن عوامل بنیادی مؤثر در ایجاد آسیب پذیری کالبدی موجود در بافت مورد نظر همچون فرسودگی کالبدی بناها متعاقب گذشت زمان، بالا آمدن سطح آب های زیرزمینی و تراکم قنات های قدیمی شهر در محدوده بافت مرکزی، فرسودگی و نابسامانی شبکه های ارتباطی، دانه بندی و فشردگی بافت، دسترسی به مراکز امداد و درمانی و غیره با استفاده از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی و ترکیب این عوامل به سوالات زیر پاسخ داده شود:

۱. سطح آسیب پذیری کالبدی در بافت به چه میزان است و پهنه های آسیب پذیر شامل کدام قسمت ها می باشند؟
۲. در ترکیب پهنه های آسیب پذیر کالبدی با تراکم جمعیت آیا نقاط بحرانی تری در بافت دیده خواهد شد؟



تصویر ۲. محدوده پژوهش

## روش

مشاوره و در قالب فایل پی دی اف<sup>۱</sup> تدوین شده بودند که توسط محقق بر روی نقش‌های ترسیمی اعمال گردیدند.

برای استانداردسازی نقشه‌های پایه از محیط اتوکد به Arc GIS ابتدا نیاز به انجام اقداماتی برای آماده سازی و اصلاح خطاهای آنها بود. پس از ورود نقشه‌ها به محیط آرک جی آی اس به صورت لایه‌های رستری با قابلیت انجام عملیات بر روی آنها، امتیازات درونی هر یک از لایه‌ها که حاصل میانگین نظرات ۵ کارشناس خبره<sup>۲</sup> (شاخص آنتروپی) در این زمینه و مقایسه و تطبیق آنها با پژوهش‌های مشابه مطالعه شده در سابقه پژوهش می‌باشند بر لایه‌ها اعمال شد. امتیازات در بازه ۰ تا ۱ تعیین شده‌اند. عدد ۱ به معنای آسیب پذیری بسیار زیاد و ۰ بدون آسیب پذیری یا آسیب پذیری بسیار کم می‌باشد که در جداول ۳ تا ۶ مشخص شده‌اند. هر لایه در پنج دسته با آسیب پذیری بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و بدون آسیب پذیری Reclassify و امتیازات به دسته‌ها اختصاص داده شدند. در مرحله بعد لایه‌های اطلاعاتی به دست آمده بر اساس میزان اهمیت هر عامل در بروز آسیب پذیری کالبدی ناشی از زلزله در بافت بر اساس شاخص آنتروپی (نظر کارشناسان) رتبه بندی شدند. میزان تاثیر و ارزش هر یک از این فاکتورها نیز در دسته‌های ۰ تا ۵ به ترتیب حداقل تاثیر (بدون نقش) و حداکثر آن تعیین و میانگین آن مشخص شده است (جدول ۲). در نهایت لایه‌ها با یکدیگر در سیستم اطلاعات جغرافیایی تلفیق شده و نقشه نهایی پهنه‌های آسیب پذیر کالبدی بافت مزبور با هدف ارائه راهکارهای کاهش آسیب پذیری تهیه شده است (تصویر ۳).

جدول ۲. عوامل مؤثر در آسیب پذیری کالبدی و وزنهای نسبی

ردیف	عوامل مؤثر در خطر پذیری کالبدی در برابر زلزله	ضریب نسبی بین داده‌ها
۱	تعداد طبقات ساختمانی	۳,۵
۲	عرض معابر	۳,۵
۳	کیفیت و قدمت ابنیه	۴
۴	ریزدانگی	۳
۵	تعدد و انعطاف پذیری شبکه دسترسی	۴,۵
۶	فاصله از مسیر عبور قنوات	۲

1. PDF

۲. اساتید و اعضای هیئت علمی دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی که در زمینه مدیریت بحران و بازسازی پس از سانحه صاحب نظر و اثر می‌باشند.

محاسبه میزان آسیب پذیری کالبدی و متعاقب آن پهنه‌های پرخطر تنها با رویکردهای متداول به دقت کامل، ممکن نیست. در چنین ارزیابی‌هایی ابهام و عدم قطعیت‌های فراوانی وجود دارد. پژوهش حاضر بر پایه رویکرد توصیفی - تحلیلی و ترکیب عوامل مؤثر در آسیب پذیری کالبدی با استفاده از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی بنا نهاده شده است. دکتر خسروی (۱۳۸۹) در مورد سیستم اطلاعات جغرافیایی اظهار می‌کند که «سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند نقش بسیار فعالی در مدیریت علمی، تحلیل‌ها و مدل سازی جنبه‌های محیطی داشته باشد» (ص ۱۲۶). از سوی دیگر دکتر فلاحي در کتاب خود (فلاحي، ۱۳۸۸) «مهمترین استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی را برنامه ریزی پیشگیری و کاهش خسارات ناشی از سوانح، ارزیابی خسارت می‌داند» (ص ۸۷). از این طریق پیش بینی مناطقی که پس از رخداد زلزله در اثر آسیب و خسارت‌های کالبدی به پهنه‌های بحرانی تبدیل می‌شوند، میسر خواهد شد.

در پژوهش حاضر پس از بررسی اسناد و مدارک موجود و مرتبط با روش انجام پژوهش، شاخص‌های مهم و پرکاربرد در چنین ارزیابی‌هایی (جدول ۱) استخراج شده و سپس شرایط مورد پژوهش با مشاهدات دقیق و کارشناسی توسط محقق بررسی و از بین شاخص‌های مؤثر، ۸ شاخص مرتبط در بافت شناسایی و به عنوان چارچوب انجام پژوهش تعیین شده‌اند. در شروع کار برای شاخص‌های تحقیق فرضیه‌هایی در نظر گرفته شد. مانند کاهش فاصله از مسیر عبور قنوات و افزایش میزان آسیب پذیری کالبدی، افزایش عرض معابر به نسبت تعداد طبقات مجاور (کاهش محصوریت) و کاهش آسیب پذیری حین زلزله، افزایش ریزدانگی بافت (مساحت قطعات) و افزایش آسیب پذیری و غیره. از سوی دیگر به دلیل ثبت بخش مرکزی بافت کهن در فهرست میراث فرهنگی شهر و برداشت‌های انجام شده از آن، دستیابی به نقشه ترسیم شده کاربری‌ها با تفکیک بناهای دارای ارزش و فاقد ارزش میراثی در محیط Auto cad امکان پذیر شد. بخش ترسیمی لایه‌های اطلاعاتی از سازمان میراث فرهنگی تهیه و بخش اطلاعاتی هر نقشه همچون دسته بندی عرض معابر، دانه بندی‌ها، ارتفاع طبقات، تراکم جمعیت و غیره در مطالعات طرح بهسازی و نوسازی بافت کهن کرمان توسط شرکت

### یافته‌ها

میزان ریزدانی بافت (مساحت قطعات): (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷) فاکتور مهمی در احتمال بروز خطر ناشی از زلزله می باشد. هرچه سطح این قطعات بیشتر باشد آوار ناشی از تخریب ساختمان کمتر به ساختمان‌ها و معابر مجاور صدمه وارد می کنند (ص ۳۲). اطلاعات لازم مستند از مطالعات طرح بهسازی و نوسازی بافت می باشند که در محیط آرک جی آی اس تراکم این دانه بندی‌ها در محدوده محاسبه شده است. بر اساس یافته‌ها تراکم ریزدانی در محدوده شرقی (قدمگاه و راسته بازار) و بخش جنوبی (کاربری مسکونی) بالا می باشد و این در حالی است که تراکم جمعیتی نیز در بخش جنوبی زیاد می باشد (تصویر ۴) (جدول ۳).

### جدول ۳. رابطه بین ریزدانی بافت و میزان آسیب پذیری

میزان آسیب پذیری	آسیب پذیری	ریزدانی
۱	بسیار بالا	۰ - ۱۰۰ متر مربع و ۱۰۱ - ۲۰۰ متر مربع
۰.۷	بالا	۲۰۱ - ۳۰۰ متر مربع
۰.۵	متوسط	۳۰۱ - ۴۰۰ متر مربع
۰.۲۵	کم	۴۰۱ - ۵۰۰ متر مربع
۰.۱	بسیار کم	۵۰۱ - ۱۵۰۰ متر مربع و بالاتر از ۱۵۰۰ متر مربع

عرض معابر (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷) هنگام گریز، پناه، تخلیه و امداد رسانی نقش مهمی دارند. هرچه عرض معابر بیشتر باشد، امکان ایجاد ترافیک عبوری نیز کمتر خواهد بود (ص ۳۲). با استناد به داده‌های به دست آمده از طرح نوسازی و بهسازی بافت کهن کرمان، عرض معابر به دسته‌های مختلف تقسیم گردیده و بر اساس نظرات کارشناسان رابطه بین میزان آسیب پذیری معابر و عرض آنها مشخص شده است (جدول ۴). بر اساس نقشه به دست آمده معابر سرپوشیده، پیاده و کوچه‌های کم عرض که همگی در محدوده پیرامون بازار و مجموعه گنج علی‌خان قرار دارند حین زلزله دچار آسیب جدی خواهند شد مانند دسترسی‌های منتهی به راسته بازار اصلی، بازار وکیل، بازار قلعه و بازار ارگ. (تصویر ۵).

### جدول ۴. رابطه عرض معابر و میزان آسیب پذیری آنها

میزان آسیب پذیری	آسیب پذیری	عرض معابر
۰.۱	بسیار کم	شریان درجه ۱ و ۲ شهری و شریان فرعی درجه ۱
۰.۲۵	کم	کوچه با عرض ۱۰ متر
۰.۵	متوسط	عرض ۶ متر
۰.۸	زیاد	عرض ۳ متر
۱	بسیار زیاد	معابر سرپوشیده و پیاده

کیفیت و قدمت ساختمانی: در مقایسه ساختمانهای مشابه، ساختمانهایی که از کیفیت ساخت پایین تری برخوردار هستند، احتمال تخریب بیشتری دارند. اطلاعات این نقشه که شامل بناهای فاقد ارزش‌های تاریخی و واجد این ارزش‌ها می باشد، به دلیل در هم تنیدگی چنین بناهایی در هم از یک سو و کیفیت مشابه بناهای فرسوده بافت چه دارای ارزش و چه فاقد آن از بُعد نگهداری و مرمت، از لحاظ کیفیت به صورت یکپارچه در نظر گرفته شده و در جدول ارائه شده اند (جدول ۵). بر اساس نقشه میزان آسیب پذیری این بناها بر اساس کیفیت به دلیل فرسودگی و قدمت بافت، تراکم و تعداد ابنیه آسیب پذیر در برابر زلزله در کل قسمتهای آن زیاد می باشد (تصویر ۶).

### جدول ۵. رابطه بین کیفیت ساختمانی و میزان آسیب پذیری

میزان آسیب پذیری	آسیب پذیری	کیفیت ساختمانی
۰.۱	بسیار کم	در حال ساخت و نوساز
۰.۲۵	کم	سالم
۰.۶	متوسط	مرمت شده
۱	زیاد و بسیار زیاد	غیر قابل مرمت، کلنگی، مخروبه

تعدد و انعطاف پذیری شبکه ارتباطی: در ارزیابی تعدد و انعطاف پذیری معابر، فرضیه این است که با رعایت سلسله مراتب دسترسی، در بخش‌هایی با تعدد دسترسی، نفوذپذیری آسان تر به نقاط مختلف میسر خواهد شد، زیرا در صورت مسدود شدن برخی، امکان استفاده از سایرین وجود خواهد داشت. براساس نقشه تراکم راه‌های دسترسی به دست آمده انعطاف پذیری معابر در بخش جنوب غربی که کاربری تجاری و مسکونی مختلط دارد و بخش شمالی با کاربری مسکونی، انبار و وجود عناصر با ارزش تاریخی شامل خانه‌های تاریخی، بازار و کاروانسرای وکیل و بازار

شدن این مسیرها حین زلزله به دلیل تخریب بیشتر بناهای مجاور یا نشست زمین وجود دارد (تصویر ۸).

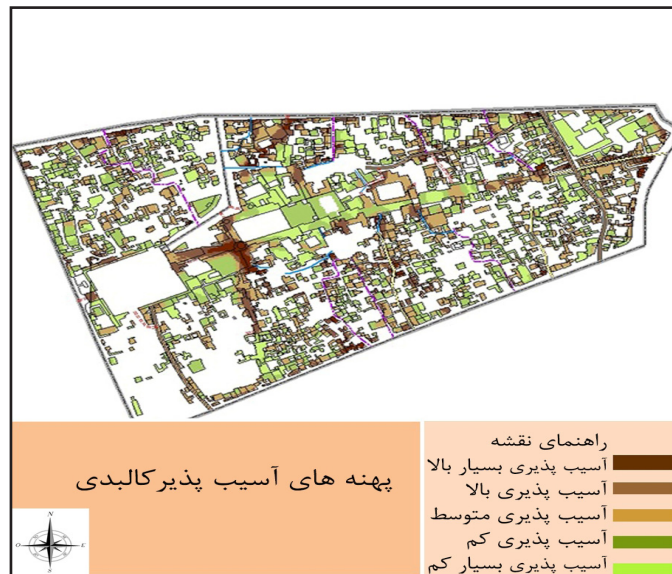
جدول ۶. رابطه بین فاصله از مسیر عبور قنات و آسیب پذیری

فاصله از مسیر عبور قنات ها	آسیب پذیری	میزان آسیب پذیری
۰ - ۱۰ متر	بسیار بالا	۰.۸
۱۰ - ۳۰ متر	بالا	۰.۳
۳۰ متر به بالا	آسیب کم یا بدون آسیب	۰

**تعداد طبقات:** (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷) اگر با اصول ایمنی نباشد قطعاً آسیب را بالا خواهد برد. حتی اگر افزایش طبقات با رعایت ضوابط و استانداردهای مناسب انجام گیرد، به هنگام تخلیه، جستجو و نجات با سختی همراه است، لذا افزایش طبقات یک عامل منفی محسوب می شود (ص ۳۲). ارتفاع ساختمان‌های مجاور معابر یکی از فاکتورها با تاثیر زیاد حین سانحه در نظر گرفته شده است، بافت مزبور بر اساس مطالعات طرح بهسازی، دارای ساختمان‌ها با طبقات ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ می باشد (تصویر ۹). فاصله از مراکز درمانی: بر اساس یافته‌های محقق تعداد زیادی از مراکز درمانی شهر از جمله بیمارستان آیت الله کاشانی و شهید باهنر در محدوده شمال و غرب محدوده پژوهش واقع شده اند. بنابراین اهمیت شریان شمالی و غربی برای سرویس دهی و امدادسانی از این مراکز به بافت، زیاد می باشد و این در حالی است که بر اساس

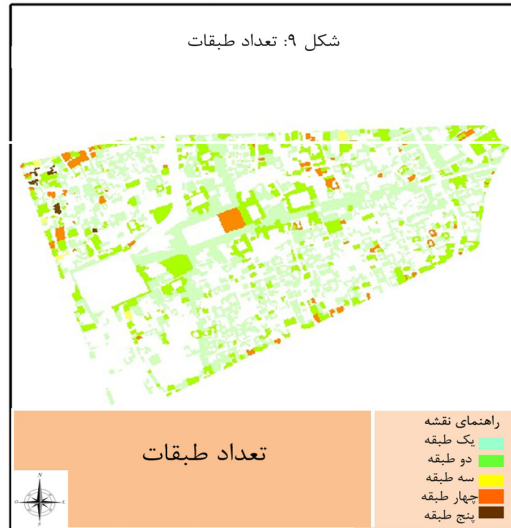
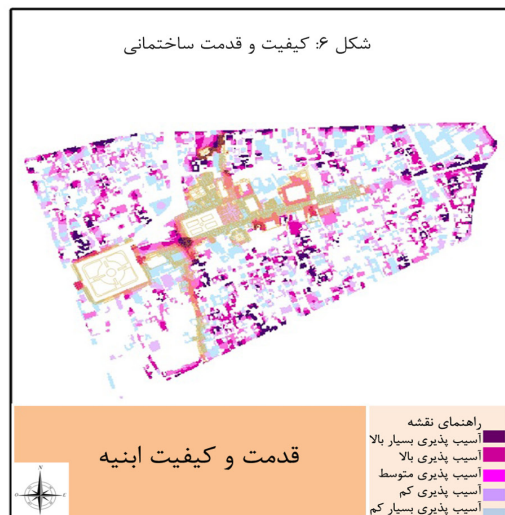
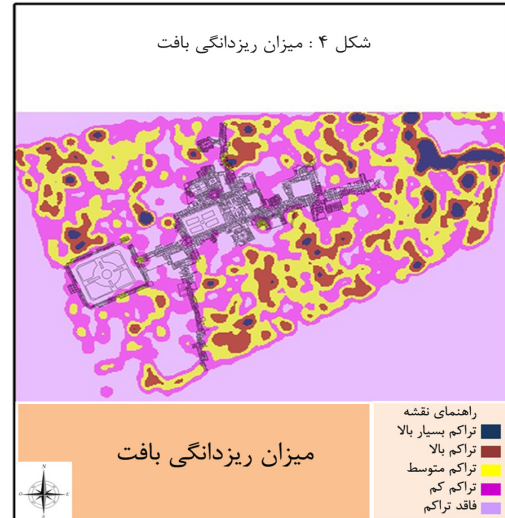
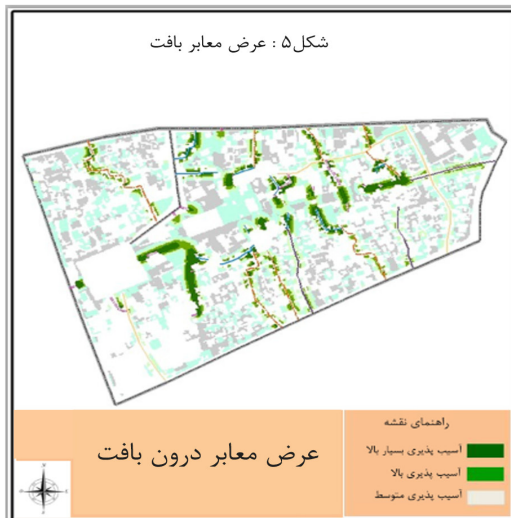
و کاروانسرای حاج آقا علی کم می باشد که این امر خطر را افزایش می دهد (تصویر ۷).

فاصله از مسیر عبور قنات: به علت بالا آمدن سطح آب‌های زیرزمینی تا عمق ۸ متر و فقدان سیستم فاضلاب شهری مناسب، از فاکتورهای دیگری ست که با وزن کمتری در این ارزیابی تاثیرگذار است. در این میان موضوعی به نام اثر ساختگاه در بحث تخصصی زلزله مطرح می شود که به دلیل شرایط خاک محل باعث تشدید خرابی‌ها می شود. به نظر می رسد در اثر زلزله یکی از عوامل تشدید کننده آسیب‌ها افزایش شتاب و دوام لرزش، ناپایداری خاک و در نهایت ریزش لایه‌های زیرین زمین در محدوده اطراف این کانال‌ها و متعاقب آن آسیب به شریان‌ها و ابنیه باشد. (بازیار و صدق پور، ۱۳۸۰) اثر ساختگاه بر اساس آیین نامه‌های ساخت کشورهای مختلف متفاوت است به طور مثال در کشور ترکیه اثر ساختگاه در محدوده‌های ۱۰ متر تغییر می کند و این در حالی است که در ایران این محدوده ۳۰ متر تعیین شده است. در آیین نامه ایران ضخامت لایه خاک، سطح آبهای زیر زمینی و اندیس خمیری خاک نیز مد نظر قرار گرفته است. بر این اساس جدول ذیل تدوین شده است (جدول ۶). بر طبق نقشه به دست آمده این آسیب پذیری در محل تلاقی مسیر کانالها که در محل چارسوق بازار، قسمتی از خیابان شریعتی در شمال و همچنین خیابان امام خمینی در جنوب، شدت خواهد داشت و احتمال مسدود



تصویر ۳ پهنه های آسیب پذیری کالبدی بخش مرکزی بافت کهن کرمان . منبع: نگارنده

نقشه قنات‌ها احتمال تخریب شریان شمالی و جنوبی وجود دارد. ایستگاه آتش نشانی در شهر کرمان، محدوده بافت کهن فاقد چنین فاصله از مراکز امداد و آتش نشانی: متاسفانه به رغم وجود سه تسهیلاتی می باشد (مهندسین مشاور شارستان، ۱۳۸۸)



تصاویر لایه‌های اطلاعاتی ایجاد شده در سیستم اطلاعات جغرافیایی، منبع نگارنده



و بازار حاج آقا علی در شمال سایت که در فهرست میراث فرهنگی ثبت شده، اما مورد غفلت و عدم رسیدگی و مدیریت نامناسب این سازمان واقع شده اند؛

□ عرض کم معابر و نابسامانی سلسله مراتب دسترسی در جریان ساخت و سازها و عدم نظارت و طراحی مناسب آنها؛

□ تهدید جدی مسیر عبور قنوات با بالا آمدن سطح آب‌های زیرزمینی و فاضلاب شهر در برابر زلزله؛

اشاره کرد. با توجه به پرسش‌های تحقیق می توان گفت قسمت

اعظم بافت کهن مرکزی کرمان به دلایل ذکر شده در سطح بالایی از آسیب پذیری کالبدی و خطر زلزله قرار دارند، از سویی نیز تراکم جمعیت انسانی در بخش جنوبی به دلیل کاربری غالب مسکونی آن بیش از سایر نقاط می باشد (تصویر ۱۰). بنابراین پیش بینی می شود بخش جنوبی بافت نیز در صورت رخداد زلزله جز نقاط بحرانی بوده که خسارت و نیاز به امداد رسانی در آن بیش از سایر نقاط باشد.

با توجه به نقشه‌های به دست آمده و نقشه آسیب پذیری کالبدی بافت به نظر می رسد بروز جنبه‌های مختلف فرسودگی در کنار بی توجهی به برنامه ریزی و مدیریت بحران زلزله در ابعاد مختلف، منجر به ایجاد مشکلات و عوامل زمینه ای آسیب پذیری و تشدید رخداد زلزله در محدوده بافت کهن کرمان خواهد شد. با توجه به نقشه پهنه‌های آسیب پذیر کالبدی، می توان گفت بخش زیادی از محدوده از جمله بخش‌های شمالی و مرکزی بافت تحت تاثیر عوامل بنیادی آسیب پذیری در سطح بالایی از خطر واقع شده اند (شکل ۳) که می توان به دلایلی مانند:

□ ریزدانی بافت خصوصاً در بخش جنوبی با کاربری مسکونی و قسمت شرقی بافت (محله قدمگاه)؛

□ کیفیت پایین و قدمت زیاد ابنیه در قسمت شمالی و جنوبی به دلایلی مانند اقتصاد ضعیف ساکنان که هم اکنون غالباً افغانه و افراد کم درآمد می باشند و سایر بخش‌ها نیز مانند کاروانسرا



تصویر ۱۰. تراکم جمعیت محدوده پژوهش، منبع: مهندسين مشاور شارسنان

بافت می باشد. همچنین خیابان شریعتی در شمال و خیابان امام خمینی در جنوب بافت که از دسترسی‌های اصلی می باشند نیز به دلیل مسیر عبور قنوات احتمال تشدید زلزله و تخریب‌های مجاورشان، آسیب پذیر بوده و نیازمند جایگزینی برای امداد رسانی و دسترسی حین زلزله هستند. به منظور کاهش آسیب و خسارات احتمالی می توان به مواردی همچون:

## نتیجه گیری

بر اساس یافته‌های پژوهش حاصل از ترکیب عوامل کالبدی مؤثر در آسیب پذیری کالبدی با استفاده از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی به نظر می رسد اولویت برنامه ریزی به منظور کاهش زیانهای کالبدی و جانی متعاقب رخداد زلزله احتمالی در محدوده بافت کهن کرمان، متعلق به بخش‌های شمالی، مرکزی و جنوبی

در پژوهش حاضر سعی شده با تحلیل نقشه‌های به دست آمده و مرتبط با موضوع به مشکلات بنیادی چنین بافت‌هایی که دارای عناصر تاریخی نیز می‌باشند، اشاره و با ارائه راهکارهایی مسیر کاهش خطر آنها در برابر زلزله در طرحهای شهری هموارتر شود. نتایج به دست آمده از این پژوهش، می‌تواند مقدمه‌ای برای تحقیقات گسترده دیگر در این زمینه باشد. در این راستا پیشنهاد می‌شود در پژوهشهای آتی با پهنه بندی آسیب پذیری کالبدی سایر بافت‌های فرسوده و شهری که بافت مزبور را احاطه کرده و از سویی نیز با آن در ارتباط نزدیک می‌باشند، پهنه‌های پرخطر را شناسایی و مبنایی برای برنامه ریزی‌های آینده شهر کرمان با هدف حفظ و کاهش خطر کالبدی بافت‌های دارای ارزش تاریخی و فرسوده در برابر زلزله قرار داد. لازم به ذکر است راهکارهای ارائه شده تنها در صورتی به عنوان راه حلی پایدار مطرح خواهند بود که توجه به خطر زلزله در اهداف، برنامه ریزی‌ها و اقدامات اجرایی بافت‌های فرسوده دارای ارزش تاریخی نهادینه شده و به صورت یکپارچه و نه مقطعی به عنوان اصلی اساسی مطرح شود.

### منابع

#### منابع فارسی:

احمدی، حسن. (۱۳۷۶) «نقش شهرسازی در کاهش آسیب پذیری شهر»، فصلنامه تخصصی مسکن و انقلاب، بنیاد مسکن، زمستان ۱۳۷۶، صفحه ۶۱-۷۰.

<http://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/993424/>

بازیار، محمد حسن. صدق پور، نگار. (۱۳۸۰). «اثر ساختگاه بر بزرگنمایی اثر زلزله در خاک رسی گروه ۴ آیین نامه ۲۸۰۰ ایران». دانشگاه علم و صنعت ایران.

[http://www.civilica.com/Paper-CSRS01-075\\_3338606036.html](http://www.civilica.com/Paper-CSRS01-075_3338606036.html)

پیشگاهی فرد، زهرا. بیگ بابایی، بشیر. فرجی راد، عبدالرضا. اقبالی، ناصر. (۱۳۹۱): «مدلسازی تعیین مناطق خطرپذیر با استفاده از مدل AHP در محیط GIS جهت مدیریت بحران شهری (مورد مطالعاتی منطقه ۸ شهر تبریز)»، فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، شماره ۳۷، سال دوازدهم، صفحه ۱۸۳-۲۰۰.

<http://fa.journals.sid.ir/ViewPaper.aspx?id=161486>

شيعه، اسماعيل. ترابی، کمال. حبیبی، کیومرث. (۱۳۸۹): «بررسی آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس (IHWP) و GIS- مطالعه موردی منطقه ۶ شهرداری تهران»، چهارمین کنگره جغرافیدانان جهان اسلام، ۲۵-۲۷ فروردین ماه، زاهدان، ایران.

[http://www.civilica.com/Paper-ICIWG04-ICIWG04\\_109.html](http://www.civilica.com/Paper-ICIWG04-ICIWG04_109.html)

□ حفظ استمرار عملکرد شریان غربی (خیابان قدس و طالقانی) به عنوان جایگزین شریان‌های جنوبی و شمالی برای دسترسی به مراکز امداد و بیمارستان‌های واقع در بخش غربی بافت برای مواقع بحران با ساماندهی و افزایش انعطاف پذیری معابر منشعب از آن، عناصر و بناهای مجاور، کاهش محصوریت و کنترل تراکم طبقات؛

□ ایمن سازی جداره‌ها، عناصر و نماهای مجاور معابر منشعب از خیابان جنوبی، غربی و شمالی به سمت بافت، ایجاد سلسله مراتب دسترسی و تقویت خوانایی معابر منشعب از آنها با تقویت عناصر مرتفع و شاخص بافت همچون بادگیر گنج‌علی‌خان، ساعت مدرسه ابراهیم خان و گلدسته‌های مسجد جامع و نصب تابلوی‌های راهنما به منظور خوانایی و نفوذپذیری بیشتر به بافت؛

□ ساماندهی فضاهای باز پراکنده در بافت، ایمن سازی عناصر و جداره‌های مجاور و تعبیه شیرهای آتش نشانی در نقاط استراتژیک آنها به خصوص بخش جنوبی که تراکم ریزدانی در آنها بیشتر بوده، به منظور تخلیه اضطراری افراد و رسیدن به مکان‌های امن و توجه به فاصله‌های گریز در طراحی این فضاها. بر اساس نقشه‌های موجود تعداد، مساحت و پراکنش آنها مناسب به نظر می‌رسد. همچنین می‌توان در این امر از الگویی که در طراحی فضاهای پر و خالی مسجد جامع و مجموعه گنج‌علی‌خان و عناصر متصل به آن به منظور ایجاد مقر در چنین مواقعی استفاده شده است، بهره برد؛

□ مقاوم و ایمن سازی ابنیه موجود (دارای ارزش و فاقد ارزش تاریخی) بر اساس تکنولوژی‌های سازگار با آنها و مقاوم در برابر زلزله از جمله چارسوق، بازار قلعه، کاروانسرا و بازار حاج آقا علی و غیره که بر اساس نقشه‌های به دست آمده از دیدگاه کالبدی آسیب پذیر به نظر می‌رسند.

□ ایجاد سیستم یکپارچه دفع فاضلاب شهری و تخلیه آب و پرسازی کانال قنات‌ها به منظور تقویت استحکام خاک.

□ کنترل ساخت و سازهای محدوده با دو هدف رعایت حریم بناهای تاریخی و تقویت دید و منظر آنها که باعث خوانایی بافت خواهد شد و کاهش محصوریت معابر.



مهندسين مشاوره شارستان،(۱۳۸۸)، طرح بهسازی و ساماندهی بافت کهن کرمان، مهندسين مشاور شارستان . سازمان بهسازی و نوسازی شهرداری کرمان.

#### منابع انگلیسی:

RASHED, TAREK . WEEKS, JOHN ,(2003): "Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas", International Journal Of Geographical Information Science, Taylor and Francis, Volume 17, NO 6, Page 547- 576. [https://geog.sdsu.edu/Research/Projects/IPC/publication/Rashed\\_Weeks\\_IJGIS.pdf](https://geog.sdsu.edu/Research/Projects/IPC/publication/Rashed_Weeks_IJGIS.pdf)

11.UNESCO, (2010),»Managing Disaster Risks For World Heritage,« United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <http://whc.unesco.org/en/managing-disaster-risks/>

حییبی، کیومرث. پوراحمد، احمد. مشکینی، ابولفضل. عسگری، علی. نظری عدلی، سعید. (۱۳۸۷): " تعیین عوامل سازه ای / ساختمانی مؤثر در آسیب پذیری بافت کهن زنجان با استفاده از GIS و FUZZY LOGIC"، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۳، صفحات ۲۷ - ۳۶. [https://journals.ut.ac.ir/article\\_19038.html](https://journals.ut.ac.ir/article_19038.html)

خسروی، فرامرز. صحرايیان، زهرا. محمدی احمدیانی، جمال. (۱۳۸۹): « نقش عوامل مؤثر در آسیب پذیری کالبدی شهر جهرم در برابر زلزله"، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۱۴، شماره ۱۷، صفحات ۱۲۱-۱۴۳.

<http://fa.journals.sid.ir/ViewPaper.aspx?id=156486>

فلاحی. علیرضا، (۱۳۸۸)، " ارزیابی سانحه، خطرپذیری، آسیب پذیری و خسارات"، تهران، موسسه آموزش عالی علمی- کاربردی هلال احمر. فلاحی . علیرضا، جهانگیری . کتایون، ( ۱۳۸۸)، « اصول و مبانی مدیریت بحران"، تهران، موسسه آموزش عالی علمی- کاربردی هلال احمر.