نقش GIT در ترسیم و بسط الگوریتم جهت ارزیابی سریع ساختمان‌ها در مدیریت بحران ناشی از زلزله

دکتر محمد مهدی مظاهری[۱]
دکتر امیر محمودزاده[۲]

از صفحه: ۳۱ تا ٥٤
تاریخ ارایه: ۸۸/۲/۲۵
تاریخ پذیرش: ۸۸/۳/۳۰

چکیده

بدون پویایی در هیچ یک از رشته‌های علمی پیشرفتی مشاهده نخواهد شد. هر مقالهٔ پژوهشی باید حاوی نکته‌ای نوین در زمینه‌های علمی باشد تا بتواند باعث «پویایی» شود. چگونه می‌توان فناوری اطلاعات جغرافیایی (GIT)، مهندسی عمران و صنعت را با هم ترکیب نمود تا فلوچارتی مناسب و کاربردی نظیر یک چارچوب برای مدیریت بحران زلزله تهیه کرد؟ این مقاله به معرفی یک الگوریتم کلی در زمینه ارزیابی سریع ساختمان‌های مورد مطالعه و طراحی شهری می‌پردازد. بافت قدیمی شهر باستانی اصفهان (بافت تاریخی) جهت ارزیابی سریع انتخاب گشته است تا بر حسب آن اقدامات اصلاحی و مراحل ابداء راهکرد مدیریت بحران جامعی استخراج گردد. همچنین هدف مهیا ساختن طرح کلی مدیریت بحران برای کلان‌شهر اصفهان بر اساس شناسایی موقعیت جغرافیایی در سطح استان اصفهان می‌باشد. در این تحقیق سعی خواهد شد با به کارگیری سیستم GIT و مطالعات میدانی بر طبق دستورالعمل‌های FEMA، راهکردهای علمی جهت برآورد آسیب‌پذیری ساختارهای داده شده بر اساس اولویت‌بندی موضوعات، تصمیم‌گیری شود.

واژگان کلیدی: فناوری اطلاعات جغرافیایی، ارزیابی سریع، مدیریت بحران، آسیب پذیری

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[۱]– استاد دانشگاه MMMazaheri@hotmail.com
[۲] – استادیار، عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، گروه عمران amiramj1@yahoo.com

۱– مقدمه

ایران یکی از کشورهای مستعد به زمین لرزه در آسیا است (Falcon, 1976) که شهرهای مهم آن عبارتند از تهران (پایتخت) اصفهان، شیراز، تبریز، مشهد و کرمان. ایران سالیانه در معرض زمین لرزه‌های کوچک و بزرگ قرار می‌گیرد. (Saraf & atrl, 2000). لذا لازم است توجه خاصی به ابداء روابط مقاوم سازی سازه‌ها جهت مقابله با زمین لرزه‌های آینده مبذول گردد.

در حال حاضر سازه‌های ضعیف بی شماری وجود دارند که توانایی مقاومت در مقابل زلزله را نخواهند داشت. با توجه به محدودیت منابع مالی و زمانی، توسعه گران بخش خصوصی می‌کوشند تا بر حسب اولویت‌بندی و تخصیص بودجه، این سازه‌ها را تقویت کنند. در سال‌های اخیر بسیاری از کشورها به این رویکرد روی آورده اند. امروزه با اطلاع از داده‌های علمی در زمینه تاثیر زمین لرزه، استحکام بخشیدن به سازه‌ها امری معقول و لازم است.

در محیط شهری، زلزله محل زندگی و شریان‌های حیاتی انسان را نابود می‌کند و جان انسان‌های زیادی را می‌گیرد. زلزله سال ۲۰۰۲ بم، واقعه ی هشدار دهنده‌ای بود. با ارتقا درک و به کارگیری اقداماتی جهت کاهش اثرات زلزله می‌توان تلفات جانی و مالی را به حداقل رساند. اکثر زلزله‌های سال‌های گذشته چون آدانا، سیهان، ترکیه (۱۹۹۸) و ازمیر ترکیه (۱۹۹۹) تایوان(۱۹۹۹) هکتور مانیز جاشوانتری، کالیفورنیا (۱۹۹۹) تاثیر عمیقی بر جان انسان‌ها داشتند. قدرت‌های نشان داده شده زلزله می‌تواند به هر نقطه‌ای در گستره خود تاثیرگذار باشد و تلفات جانی و مالی از خود باقی بگذارد، البته این بستگی به تراکم جمعیت، مصالح به کار گرفته شده در ساختمان‌ها و رعایت استانداردهای طراحی و ساخت و غیره دارد.

۱-۱- تاریخچه روش‌های ارزیابی کیفی

ویتمن در سال ۱۹۷۲ روشی را بر اساس شدت زمین لرزه رخ داده بر حسب واحد مرکالی اصلاح شده ارایه کرد. در این روش شاخص تعریف شده برای تعیین میزان آسیب پذیری ساختمان، نسبت هزینه ترمیم به ساخت مجدد عضو می‌باشد.این شاخص برای کلیه اعضای اصلی سازه تعریف شده و در نهایت برای کل سازه محاسبه می‌شود و بر اساس این شاخص، ارزش ترمیم ساختمان محاسبه خواهد شد. در نهایت ساختمان در گروه قابل مقاوم سازی یا غیر قابل مقاوم سازی طبقه بندی می‌گردد.

اوکارا و همکاران روشی را برای ارزیابی ساختمان‌های بتن آرمه کوتاه و با کاربری آموزشی ارایه کرده اند. در این روش که به نام روش اسکرنینگ یا غربالی نامیده شده است، ارزیابی ساختمان به صورت مرحله به مرحله انجام می‌شود. بدین صورت ابتدا یک ارزیابی اولیه به روی سازه انجام گرفته و در صورت مشخص شدن نواقص در این ارزیابی، مراحل بعدی با جزییات بیشتری ادامه یافته تا وضعیت آسیب پذیری ساختمان مشخص گردد.

در سال ۱۹۷۵ بلوم و همکارانش روشی را بر اساس سرعت طیفی و برش پایه برای ارزیابی پتانسیل خسارت ساختمان‌ها ارایه کردند. در این روش نیز خسارت کلی به صورت هزینه مرمت به هزینه ساخت مجدد المان تغییر کند.

در حدود سال‌های ۱۹۷۷ تا ۱۹۷۹ برتروبرسلر با تعریف شاخص خسارت پذیری موضعی از روش تحلیل استاتیکی و از طریق دو معیار ظرفیت تغییر شکل نهایی و ضرایب تاثیر اهمیت به ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها پرداختند.

در این روش، خسارت سازه‌ای از طریق نسبت تقاضا یا پاسخ به ظرفیت نهایی سازه یا عضو تعریف می‌گردد. این روش ارزیابی زمان‌بر بوده و نیاز به صرف زمان و هزینه آنالیز برای سازه داشته و در روش‌های ارزیابی تحلیلی طبقه بندی می‌گردد.

در سال ۱۹۷۷ گوسیان و پارک روشی را برای ارزیابی ساختمان‌های بتن آرمه تحت بارهای متناوب پیشنهاد داد. در این روش شاخص میزان انرژی جذب شده در هر چرخه بار گذاری تعریف می‌گردد. ادامه تحقیقات این محقق در سال ۱۹۸۷ به ارائه برنامه کامپیوتری OSD برای ارزیابی غیر خطی سازه‌های بتن آرمه انجامید.

در سال‌های اخیر فعالیت‌های دانشمندان در زمینه کار با سیستم GIT[1] (سیستم اطلاعات جغرافیایی) تحولات زیادی را در مدیریت بحران ایجاد نموده است. فناوری GIT با کمک علم زمین شناسی و مهندسی نقش مهمی در بسط مفاهیم مدیریت کیفی و دسترسی فوری و آسان به داده‌های زیست محیطی دارد. این فناوری به مدیرانی که باید برای آینده فکر کنند و تصمیم اخذ نمایند کمک می‌کند تا برنامه‌های جامع، موثر، کاربردی معرفی و اجرا نمایند، در این مورد در طرح جامع پلان شهر اصفهان اکثر دانشمندان از این فناوری برای مدیریت بحران استفاده کرده‌اند. (پیراسته و دیگران ۲۰۰۸)

نواحی با سابقه کم زلزله حوضه‌های (Background zone) در کارگاه‌های منطقه‌ای شبیه سازی شده اند. (Frankel, 1966) در سطح دولتی پیش بینی‌های FEMA با کمک GIT در فرآیند تصریح عملیات نجات قربانیان بحران طبیعی تاثیرات نوینی به جا گذاشت. بعد از زلزله Northtige در شمال کالیفرنیا در سال ۱۹۹٤، تخمین FEMA در مورد خانوارهایی که تحت تاثیر زلزله قرار خواهند گرفت ۵۰۰,۰۰۰ خانوار بود. آژانس دولتی ٦۰۰,۰۰۰ در خواست کمک دریافت نمود. در این مقاله سعی بر این است که یک سناریوی جدید برای مدیریت کیفیت توسط GIS همراه با کلیه پارامترهای منتج بر اساس یافته‌های FEMA در مورد سازه‌ها ارائه شود. ایده اصلی ناشی از درک مدیریت

[1] - Geography Information Technology

کیفیت توسط FEMA می‌باشد به خصوص Cause and effect که منجر به نواقصی در رفتار ساختمان هنگام زلزله می‌شود.

در این روش نرخ دهی ساختمان بر اساس فرم‌های استاندارد همراه با ارزش‌های یافته شده در این تحقیق انجام می‌پذیرد. معیار نتایج حاصله توسط ارزیابی سریع مشخص خواهد نمود که ساختمان باید تخریب گردد یا دارای سه مرحله آسیب پذیری بالا، متوسط و زیادی است. بنابراین با به کارگیری فناوری GIT پیشرفته و فرمولی که بر اساس FEMA استقراریافته است یک تعریف علمی و موثر از انجام مفاهیم مدیریت صنعتی، کیفیت و مهندسی زلزله شناسی به دست می‌آید. شایان ذکر است که FEMA یکی از ابزار TQM (مدیریت کلی کیفیت) بوده که یکی از مهمترین روش‌های رفع نقض معرفی گشته است. در نهایت این تحقیق فرمول شاخص آسیب پذیری (DI)[1] که در نوع خود خاص می‌باشد را معرفی می‌نماید.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[1] - Damage Index

جدول ۱- عناصر اصلی تشکیل دهنده فرآیند FEMA

عنصر سیستم کیفیتی	نقش عنصر سیستم کیفی در فرآیند FEMA
۱. رهبری	تقویت فرایند FEMA و اطمینان از این که گروه، کلیه ابزار، منابع و زمان مکان کافی برای انجام FEMA را در اختیار دارد.
۲. برنامه ریزی راهبردی	استفاده از نتایج FEMA برای رهبری فعالیت‌های توسعه در آینده
۳. سنجش فرایند و فعالیت	سنجش نتایج FEMA از نظر کیفیت محصول و نتایج نهایی
٤. استفاده موثر از داده ها	تهیه حقایق و داده‌ها برای تایید تجزیه و تحلیل‌های FEMA و سنجش نتایج فرایند FEMA
۵. کنترل فرآیند	اطمینان از این که فرآیند و محصول در مراحل ابتدایی بر اساس FEMA استوار هستند و بررسی آماری بهبودها و پیشرفت‌های FEMA
٦. منابع انسانی	تقویت و حمایت گروه FEMA با آموزش‌های مناسب در زمینه بهبود کیفیت ابزار و روش‌ها
۷. آموزش	فراهم سازی مهارت‌های لازم برای فعالیت در گروه FEMA، شناخت مشکلات بالقوه و تعیین راه حل‌ها
۸. برنامه ریزی مستند کیفی	شناسائی FEMA به عنوان بخشی از راهبرد کیفی کارخانه و مشخص سازی زمان مکان استفاده از آن و هم چنین مستند سازی فرایند FEMA
۹. مستند سازی روش‌های انجام کار	اطمینان از یک سان بودن روش‌های انجام کار و کاهش تغییرات غیر ضروری در فرایند محصول
۱۰. مشتری گرایی	اطمینان از هماهنگی در فرایند طراحی
۱۱. مشتری گرایی	تهیه اطلاعات لازم برای گروه FEMA در خصوص خواست مشتری و اطلاعات مورد نیاز فرایند FEMA
۱۲. سیستم نظرخواهی از مشتری	تهیه اطلاعات و داده‌های اضافی برای گروه FEMA در طول مدت فرایند

۲- محل تحقیق

شهر اصفهان واقع در موقعیت عرض جغرافیایی $32^{\circ}00'00''N-32^{\circ}42'00''N$ و طول جغرافیایی $50^{\circ}00'00''E-51^{\circ}00'00''E$ که رودخانه زاینده رود آن را به دو نیمه شمالی و جنوبی تقسیم می‌کند. این منطقه دارای شیب ملایم می‌باشد.

۳- روش شناسی

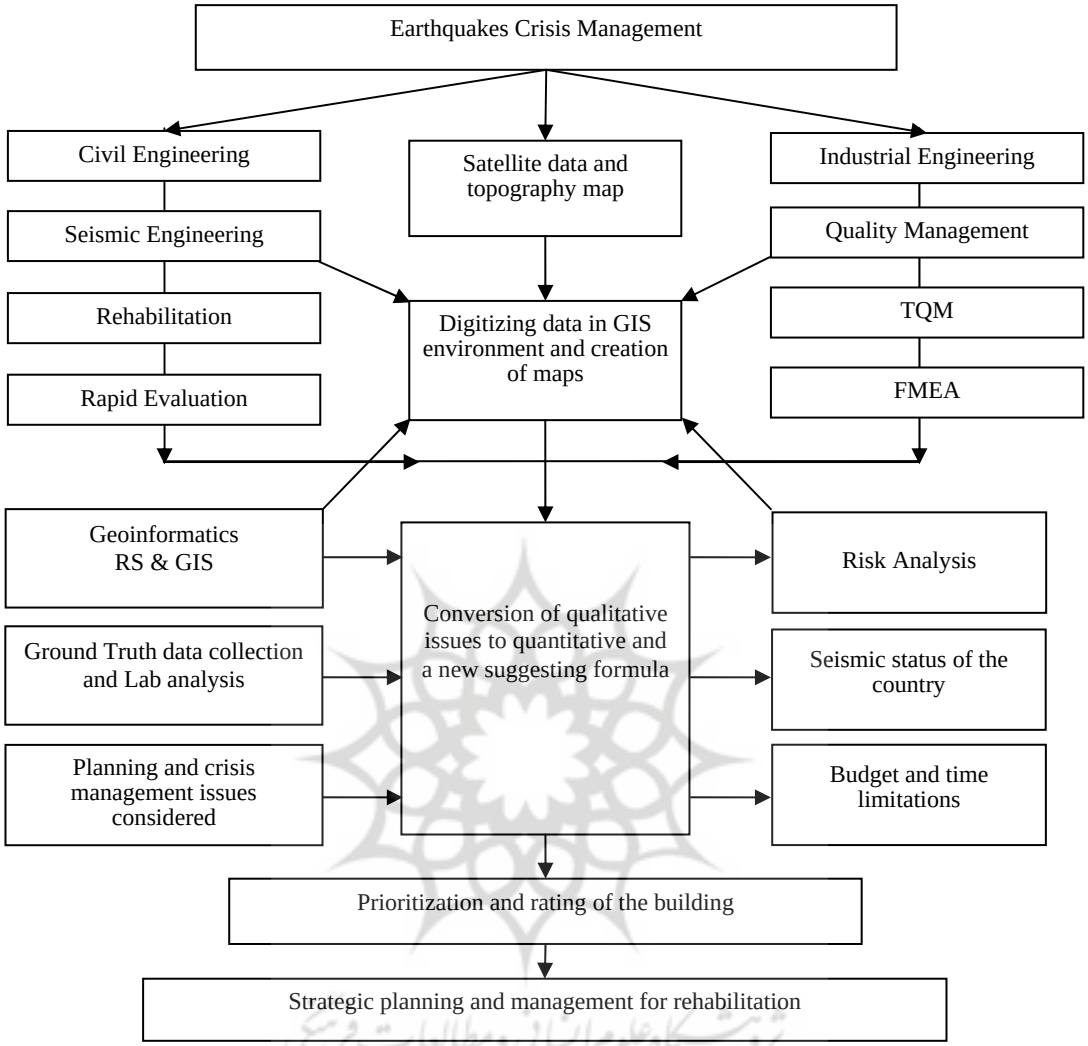
دویست و سی ساختمان در اصفهان مشمول تجزیه ارزیابی سریع قرار گرفتند. همه آن‌ها در محیط رقومی GIS با resulation بالای ماهواره‌ای (مانند Quick bird) رقومی گشته همراه با نقشه‌ها جمع‌آوری شده topography در مقیاس ۱:۲۰۰۰.

محیط GIS دسترسی به Quare، نقشه کشی و تحقیق و افزایش قابلیت اخذ تصمیم در برنامه ریزی را مجاز می‌سازد. پارامترهای مهندسی چون داده‌های مربوط به زمین لرزه، ساختار،قطع زمین، نوع مصالح مالی، سقف، دیوار و کف همه در آزمایشگاه تجزیه و تحلیل شدند و توسط دیجیتال سازی روی صفحه به محیط GIS معرفی شدند. یک مدل برای درک روابط بین مهندسی صنایع و مهندسی زلزله برای رسیدن به مدیریت راهبردی مقاوم‌سازی ابداع گشته است (تصویر ۱).

برای جمع آوری داده‌های مورد نیاز در آزمایشگاه، آزمایشات میدانی بسیاری انجام پذیرفته اند. این شاخص آسیب پذیری (DI) در خلال همین آزمایشات پدیدار شده است. این فرمول برای هر کدام از اعضای تشکیل دهنده ساختمان محاسبه شده است. اکثر ساختمان‌ها دارای دیوارهای حمال خشتی، آجری هستند.

تجزیه و تحلیل و امتیازدهی ساختمان بر اساس اولویت دهی برای اولین بار توسط ATC20, ATC و ATC21 ارایه شد، که تنها اقدامی تجربی بود. با این حال تطابق نتایج حاصله از مناسبات پیشنهادی با نتایج حاصله از ATC21 بیانگر آن است که

معقولیت و صحت بیشتری در مـواد منـدرج در ایـن محـیط وجـود دارد. اسـاس روش FEMA در محاسبه پارامتر RPN می‌باشد.



تصویر (۱): Depicts the flowchart methodology and relationship between seismic and industrial engineering

به هر حال فلوچارت تصویر ۱ نشان دهنده راهبرد احقاق ملزومات جاری برای مهندسی زلزله در سراسر کشور می‌باشد. در این جا زلزله به عنوان پدیده‌ای که نواقص موجود در ساختمان را آشکار می‌سازد محسوب می‌گرددو تجربه به دست آمده از زلزله‌های گذشته با توجه به تحقیقات میدانی و ادبیات مربوطه، وسیله با ارزشی برای درک مفهوم مخرب زلزله بر ساختمان می‌باشد. این ما را به سویی سوق می‌دهد که راه‌کرد مرحله‌ای جهت طبقه بندی ساختمان با توجه به این که رفتار آن‌ها در مقابل اثرات زلزله چگونه می‌باشد، ارایه شود. بر حسب رفتار ساختمان، تشخیص داده می‌شود که ساختمان دارای ۱) آسیب پذیری بالا، ۲) متوسط، ۳)پایین بوده یا ٤) آسیب پذیر نمی باشد. برای پیگیری نواقص، عناصر ساختاری به گروه‌هایی ذیل تقسیم می‌شوند.

الف- اعضا (تیرها، ستون‌ها، مهار بندها)؛

ب- اتصالات؛

ج- پایه‌ها؛

د- دیافراگم‌ها؛

هـ- محاط ساختمان.

حال بر اساس مشاهدات میدانی اخیر پس از زلزله‌های به وقوع پیوسته در ایران، یک شاخص آسیب پذیری پیشنهادی در قالب معادله ۱ ارایه می‌گردد.

معادله ۱)

$$DI = \alpha_1.\omega_1 \sum_{i=1}^{24} \beta_i + \alpha_2.\omega_2 \sum_{i=1}^{7} \gamma_i + \alpha_3.\omega_3 \sum_{i=1}^{8} \xi_i + \alpha_4.\omega_4 \sum_{i=1}^{5} \eta_i + \alpha_5.\omega_5 \sum_{i=1}^{4} \Omega_i$$

که در این جا β ضریب تاثیر بر اعضا و γ ضریب تاثیر بر اتصالات، ξ ضریب تاثیر بر پی ها، η ضریب تاثیر بر دیافراگم‌ها و Ω ضریب تاثیر واکنش و α ضریب

شکست و ω ضریب شدت می‌باشند. مقادیر ضرایب فوق در جدول ۲ نشان داده شده‌اند.

این مقادیر در مقابل انبوه داده‌های جمع آوری شده، همراه با گزارش‌های بازدیدهای مقدماتی در سوابق و مربوط به گزارشات در محل زلزله‌های اخیر اندازه‌گیری شده‌اند. شاخص خسارات آسیب‌پذیری با توجه به جدول سه مشخص می‌گردد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۲- The border coefficients of systems

معایب سازه‌ای $\alpha_1=80$	معایب اتصالات سازه‌ای $\alpha_2=3$	معایب اتصالات سازه به پی $\alpha_3=5$	معایب دیافراگم آجری $\alpha_4=10$	اندرکنیش سازه با محیط $\alpha_5=2$
$\Omega_1^4 = 0.05$	$\eta_1^4 = 0.10$	$\xi_1^4 = 1$	$\gamma_1^4 = 0.5$	$\beta_1^4 = 0$
$\Omega_2^4 = 0.10$	$\eta_2^4 = 0.10$	$\xi_2^4 = 0$	$\gamma_2^4 = 0.5$	$\beta_2^4 = 0.006$
$\Omega_3^4 = 0.35$	$\eta_3^4 = 0.05$	$\xi_3^4 = 0$	$\gamma_3^4 = 0$	$\beta_3^4 = 0$
$\Omega_4^4 = 0.5$	$\eta_4^4 = 0.15$	$\xi_4^4 = 0$	$\gamma_4^4 = 0$	$\beta_4^4 = 0.006$
	$\eta_5^4 = 0.60$	$\xi_5^4 = 0$	$\gamma_5^4 = 0$	$\beta_5^4 = 0.006$
		$\xi_6^4 = 0$	$\gamma_6^4 = 0$	$\beta_6^4 = 0$
		$\xi_7^4 = 0$	$\gamma_7^4 = 0$	$\beta_7^4 = 0$
		$\xi_8^4 = 0$		$\beta_8^4 = 0$
				$\beta_9^4 = 0.5$
				$\beta_{10}^4 = 0.006$
				$\beta_{11}^4 = 0.006$
				$\beta_{12}^4 = 0.006$
				$\beta_{13}^4 = 0.06$
				$\beta_{14}^4 = 0.06$
				$\beta_{15}^4 = 0$
				$\beta_{16}^4 = 0.006$
				$\beta_{17}^4 = 0.15$
				$\beta_{18}^4 = 0.50$
				$\beta_{19}^4 = 0.08$
				$\beta_{20}^4 = 0.02$
				$\beta_{21}^4 = 0.02$
				$\beta_{22}^4 = 0.006$
				$\beta_{23}^4 = 0.006$
				$\beta_{24}^4 = 0.006$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

$$DI\,(Damage\quad Index) = \alpha_1.\omega_1\sum_{i=1}^{24}\beta_i + \alpha_2.\omega_2\sum_{i=1}^{7}\gamma_i + \alpha_3.\omega_3\sum_{i=1}^{8}\xi_i + \alpha_4.\omega_4\sum_{i=1}^{5}\eta_i + \alpha_5.\omega_5\sum_{i=1}^{4}\Omega_i$$

BG (Building Grade) = 100- (DI)

جدول ۳- Vulnerability Scores on Residential Buildings

Score (BG)	Indicating the intensity of vulnerability
1-25	High vulnerability
25-50	Medium vulnerability
50-75	Low vulnerability
75-100	Invulnerable

شاخص آسیب پذیری (DI) برای بر آورد آسیب پذیری ساختمان‌های شهری به کار می‌رود. جهت کنترل و آزمایش دقیق این معادله، نتایج تجزیه و تحلیل سه ساختمان ذیل بررسی می‌شوند.

۳-۱- بر آورد کیفی سازه‌ها

در این روش، بر آورد کلی زمانی به وقوع می‌پیوندد که ماتریس بر آورد اعضای مختلف ساختمان توسط سنجش خاص ضریب برای شاخص خسارت محاسبه می‌گردد. این ضرایب که ارزش صفر تا ده برابر هر عنصر دارا می‌باشند بر شاخص خسارت ضرب می‌شوند تا جمع خسارات وارده مشخص گردد.

الف- تجزیه و تحلیل داده‌های بحرانی

این داده‌ها توسط متخصصین که جمع بار متحمل و کاربرد ساختمان را بر آورد می‌کنند، تهیه و کامل می‌گردند. این تحلیل باید سن، طرح، اتصالات، کیفیت و سیستم باربری، اسکله، ارتفاع، نقشه، فاصله از دیگر ساختمان‌ها و ضعف فیزیکی ساختمان را شامل باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

ب - تشخیص نواقص

در این روش یک تحلیل کلی بر اساس تجارب مشخص در بر آورد ماتریس به دست آمده از اعضا مختلف سازه انجام می‌پذیرد که ضریب خاص باربری محاسبه شده و نتیجه همان شاخص خسارت می‌باشد. این ضرایب عددی بین صفر تا ده را حاصل می‌سازند که سپس در ضریب کلی آسیب پذیری ساختمان ضرب می‌شود.

ج – توپوگرافی وضعیت خاک

در این مرحله بر اساس نوع اصلی خاک و فراز و نشیب خاک زیر ساختمان، یک ضریب شدت بین یک و دو حاصل می‌گردد که در شاخص خسارت ساختمان ضرب می‌شود.

د – ارزیابی ساختمان

در این مرحله با توجه به اطلاعات جمع آوری شده و امتیاز به دست آمده، ساختمان در یکی از گروه‌های زیر طبقه بندی می‌گردد.

کیفیت ساخت:	خوب ☐	متوسط ☐	ضعیف ☐
سیستم مقاوم جانبی	خوب ☐	متوسط ☐	ضعیف ☐
آسیب پذیری	شدید ☐	متوسط ☐	کم ☐
نیاز به بررسی دقیق	دارد ☐	ندارد ☐	
نیاز به تقویت	دارد ☐	ندارد ☐	

از این روش برای اظهار نظر در مورد تعداد زیادی از ساختمان‌ها می‌توان استفاده کرد، اظهار نظر در مورد تخریب یا تقویت ساختمان از این روش امکان پذیر نیست.

۴– نتایج و مباحث

سیستم GIS توانایی‌های محاسبات دقیق تر همه گروه داده‌ها را در یک چارچوب دیجیتالی افزایش می‌بخشد و دسترسی به پایگاه داده‌ها را در هر زمان و مکان لازم، مهیا می‌سازد. هم چنین در تولید نقشه‌های موضوعی مختلف به کار گرفته می‌شود. این‌ها

همه برای اخذ تدابیر و تصمیمات اجرایی مدیریت بحران بسیار مهم بوده و یکی از مزایای آن این است که می‌تواند همواره به روز رسانی شود.

در این تحقیق ما دریافتیم که توافق بسیار جزیی بین پیش بینی آسیب پذیری و روش پیشنهادی وجود دارد. این‌ها همه به طور تحلیلی محاسبه می‌گردند، بنابراین نرخ صحت، حداقل برای ساختمان‌های بنایی در ایران بالا می‌باشد. در این راستا ما دو ساختمان را بر اساس نقشه ساختاری GIS و گروه داده‌ها ارزیابی سریع کردیم.

۴-۱- ساختمان شماره ۱

این ساختمان با مساحت زیر بنای تقریبی ۸٤۲ متر مربع که با دیوار باربر مصالح بنایی، در دو طبقه روی زیر زمین بنا شده است. سقف طبقه اول و هم کف هر دو به صورت تاق ضربی اجرا گردیده است و سقف زیر زمین از تیرچه و بلوک سیمانی می‌باشد. سیستم باربر ساختمان شامل دیوارهای آجری غیر مسلح با کلاف‌های افقی و قایم است. در نتیجه مشاهدات به عمل آمده، فونداسیون ساختمان نوار آجری می‌باشد، هم چنین ملات مصرفی از نوع ماسه سیمان است. با توجه به این که سن ساختمان ۲۰ سال بوده و نظر به کیفیت مناسب فعلی آن، با وضعیت موجود این ساختمان قابل مقاوم سازی می‌باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ٤- (٥-١) شناسه ساختمان

نوع کاربری: آموزشی	
تعداد طبقات	دو طبقه روی زیر زمین
فونداسیون	فونداسیون آجری
نوع اسکلت	دیوار باربر
سقف	سقف هم کف و اول تاق ضربی – سقف زیر زمین تیرچه بلوک سیمانی
کف سازی	موزاییک
نمای داخلی	گچ و رنگ آمیزی
نمای خارجی	آجر نما با آجر فشاری

در مورد کلاف‌های افقی طبقه هم کف و اول، مقاومت بتن خوب ارزیابی می‌شود ولی در مورد سقف زیر زمین، کلاف افقی مشاهده نشد و نیاز به کلاف گذاری دارد.

اهم خسارات و نواقص مشاهده شده در این ساختمان بر اساس سونداژ انجام گرفته در موقعیت‌های مختلف شامل موارد زیر است:

١- اجرای سقف هم کف و اول به صورت تاق ضربی و عدم صلبیت جانبی سقف؛

٢- طول باز شوی بیش از ٥٠ در صد طول دیوار در دیوارهای نمای شمالی و جنوبی؛

٣- کیفیت نا مناسب اتصال سقف هم کف و اول به کلاف افقی بالای دیوار به علت عبور تیرچه‌ها از روی کلاف سقف بدون اتصال به کلاف؛

٤- کرمو بودن و تخلخل زیاد بتن کلاف‌های قایم؛

٥- کیفیت نامناسب اتصال کلاف افقی به کلاف قایم و عدم هم پوشانی لازم در اتصالات آرماتورها؛

٦- اتصال دیوارهای باربر به غیر باربر به صورت هشت گیر و عدم استفاده از کلاف قایم در این قسمت‌ها؛

٧- وجود تغییر شکل‌های زیاد در زمین زیر پی و احتمال بالا آمدن آب‌های زیر زمینی؛

۸- مشاهده ترک خوردگی در دیوارها.

معایب اعضای سازه	معایب اتصالات سازه به پی و معایب پی
• کیفیت نامناسب اعضای فولادی (خوردگی، لهیدگی) • کیفیت نامناسب اعضای بتنی (ترک، زوال، کرمو بودن) • کیفیت نامناسب دیوارها (ترک، زوال) • عدم وجود کلاف قایم در فواصل ۵ متری • عدم اتصال سقف به کلاف افقی روی دیوار • دیوار با سطح بازشوی بیش از ۳۰٪ یا طول بازشوی بیش از ۵۰٪	• وجود تغییر شکل‌های زیاد در زمین زیر پی
	معایب دیافراگم بتنی یا آجری
	• کیفیت نامناسب اجزای اتصال دیافراگم به قاب (خوردگی، سوراخ شدگی، اعوجاج) • عدم کفایت بارز اتصال دیافراگم به قاب • کیفیت نامناسب دیافراگم آجری
معایب اتصالات سازه	**معایب اندر کنش سازه با محیط اطراف**
• کیفیت نامناسب اتصال سقف به کلاف افقی • کیفیت نامناسب اتصال کلاف افقی به کلاف قایم	• احتمال قابل توجه برای وقوع آتش سوزی یا آبگرفتگی در پیرامون سازه

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

معایب سازه‌ای $\alpha_1=80$	معایب اتصالات سازه‌ای $\alpha_2=3$	معایب اتصالات سازه به پی $\alpha_3=5$	معایب دیافراگم آجری $\alpha_4=10$	اندرکنیش سازه با محیط $\alpha_5=2$
$\Omega_1^4 = 0.05$	$\eta_1^4 = 0.10$	$\xi_1^4 = 1$	$\gamma_1^4 = 0.5$	$\beta_1^4 = 0$
$\Omega_2^4 = 0.10$	$\eta_2^4 = 0.10$	$\xi_2^4 = 0$	$\gamma_2^4 = 0.5$	$\beta_2^4 = 0.006$
$\Omega_3^4 = 0.35$	$\eta_3^4 = 0.05$	$\xi_3^4 = 0$	$\gamma_3^4 = 0$	$\beta_3^4 = 0$
$\Omega_4^4 = 0.5$	$\eta_4^4 = 0.15$	$\xi_4^4 = 0$	$\gamma_4^4 = 0$	$\beta_4^4 = 0.006$
	$\eta_5^4 = 0.60$	$\xi_5^4 = 0$	$\gamma_5^4 = 0$	$\beta_5^4 = 0.006$
		$\xi_6^4 = 0$	$\gamma_6^4 = 0$	$\beta_6^4 = 0$
		$\xi_7^4 = 0$	$\gamma_7^4 = 0$	$\beta_7^4 = 0$
		$\xi_8^4 = 0$		$\beta_8^4 = 0$
				$\beta_9^4 = 0.5$
				$\beta_{10}^4 = 0.006$
				$\beta_{11}^4 = 0.006$
				$\beta_{12}^4 = 0.006$
				$\beta_{13}^4 = 0.06$
				$\beta_{14}^4 = 0.06$
				$\beta_{15}^4 = 0$
				$\beta_{16}^4 = 0.006$
				$\beta_{17}^4 = 0.15$
				$\beta_{18}^4 = 0.50$
				$\beta_{19}^4 = 0.08$
				$\beta_{20}^4 = 0.02$
				$\beta_{21}^4 = 0.02$
				$\beta_{22}^4 = 0.006$
				$\beta_{23}^4 = 0.006$
				$\beta_{24}^4 = 0.006$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

با توجه به امتیازات ارایه شده برای ساختمان‌های مصالح بنایی عـدد شـاخص خـسارت ساختمان از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

با توجه به فرمول ۱ و ضرایب موجود در جدول ٤، هم چنین لیست معایب ارایـه شـده در جدول ۵، امتیاز ساختمان بر اساس جدول ٦ محاسبه می‌گردد.

جدول ۵- لیست امتیازات وزنی و ضرایب اهمیت معایب

عناوین	امتیازات
امتیاز اعضای اصلی سازه	80*(0.06+0.06+0.15+0.08+0.006)=28.5
امتیاز اتصالات سازه	3*(0.5+0.5)=3
امتیاز اتصالات سازه به پی	2.5*(0.5+0.5)=2.5
امتیاز دیافراگم	10*(0.1+0.15+0.6)=8.5
امتیاز اندر کنش سازه با محیط اطراف	2*(0.1)=0.2
مجموع امتیاز معایب	42.2
امتیاز ساختمان	100-42.2=57.8
شدت آسیب پذیری	متوسط

جدول ٦- گروه بندی شدت‌های مختلف آسیب پذیری مختلف بر اساس امتیازات

امتیاز	شدن آسیب پذیری
0 ~ 10	تخریبی
10 ~ 20	آسیب پذیری زیاد
40 ~ 70	آسیب پذیری متوسط
70 ~ 90	آسیب پذیری کم
90 ~ 100	غیر آسیب پذیر

۴-۲- ساختمان شماره ۲

این ساختمان با مساحت زیر بنای تقریبی ۱۶۷۱ متر مربع که با دیوار باربر مصالح بنـایی در دو طبقه روی زیر زمین بنا شده است. سقف طبقه دوم به صورت تـاق ضـربی اجـرا گردیده است و سقف اول و زیر زمین از تیرچه و بلوک سیمانی می‌باشد. سیـستم بـاربر ساختمان شامل دیوارهای آجری غیر مسلح با کلاف‌های افقی و قـایم اسـت. در نتیجـه مشاهدات به عمل آمده، فونداسیون ساختمان نوار آجری مـی‌باشـد، هـم چنـین مـلات مصرفی از نوع ماسه سیمان است. با توجه به این که سن ساختمان ۱۷ سال بوده و نظـر به کیفیت مناسب فعلی آن با وضعیت موجود این ساختمان قابل مقاوم سازی می‌باشد.

جدول ۷- شناسه ساختمان

نوع کاربری: اداری	
تعداد طبقات	دو طبقه روی زیر زمین
فونداسیون	فونداسیون آجری
نوع اسکلت	دیوار باربر
سقف	سقف هم کف و زیر زمین تیرچه بلوک سیمانی – سقف اول تاق ضربی
دیوارها	آجر فشاری با ملات ماسه سیمان
کف سازی	موزائیک
نمای داخلی	گچ و رنگ آمیزی
نمای خارجی	آجر نما با آجر فشاری

نتایج مشاهدات و آزمایشات انجام گرفته نشان دهنده کیفیت بد بـتن کـلاف‌هـای قـایم است و با وجودی که کلاف قایم هم کف در یک دیوار مناسب بوده، در جهت اطمینان، کل طبقه کلاف گذاری می‌شود.

اهم خسارات و نواقص مشاهده شده در این ساختمان بر اساس سونداژ انجام گرفتـه در موقعیت‌های مختلف شامل موارد زیر است:

۱- اجرای سقف طبقه اول به صورت تاق ضربی و عدم صلبیت جانبی سقف؛

۲- طول بازشوی بیش از ۵۰ درصد طول دیوار در برخی از دیوارها؛

۳- کیفیت نامناسب اتصال سقف طبقه اول به کلاف افقی بالای دیوار به علت عبور تیرچه‌ها از روی کلاف سقف بدون اتصال به کلاف؛

٤- کرمو بودن و تخلخل زیاد بتن کلاف‌های قایم؛

۵- کیفیت نامناسب اتصال کلاف افقی به کلاف قایم و عدم هم پوشانی لازم در اتصالات آرماتور ها؛

٦- اتصال دیوارهای باربر به غیر باربر به صورت هشت گیر و عدم استفاده از کلاف قایم در این قسمت ها؛

۷- وجود تغییر شکل‌های زیاد در زمین زیر پی و احتمال بالا آمدن آب‌های زیر زمین.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۸- لیست معایب موجود در ساختمان

معایب اعضای سازه	معایب اتصالات سازه به پی و معایب پی
• عدم کیفیت پوشش بتنی آرماتور ها • کیفیت نامناسب اعضای بتنی (ترک، زوال، کرمو بودن) • عدم وجود کلاف قایم در فواصل ۵ متری • وجود دیوار ۳۵ cm بدون پشت بند به طول بیش از ۸ m • وجود دیوار ۲۲ cm بدون پشت بند به طول بیش از ۵،٦ m • دیوار با سطح بازشوی بیش از ۳۰ ٪ یا طول بازشوی بیش از ۵۰ ٪	**معایب دیافراگم بتنی یا آجری**
• معایب اتصالات سازه: • کیفیت نامناسب اتصال سقف به کلاف افقی	**معایب اندر کنش سازه با محیط اطراف**

با توجه به امتیازات ارایه شده برای ساختمان‌های مصالح بنایی شاخص خسارت ساختمان از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۹- لیست امتیازات وزنی و ضرایب اهمیت معایب

عناوین	امتیازات
امتیاز اعضای اصلی سازه	80*(0.006+0.06+0.8+0.006+0.006+0.006)=13.1
امتیاز اتصالات سازه	3*(0.5)=1.5
امتیاز اتصالات سازه به پی	0
امتیاز دیافراگم	0
امتیاز اندرکنش سازه با محیط اطراف	0
مجموع امتیاز معایب	14.6
امتیاز ساختمان	100-14.6=85.4
شدت آسیب پذیری	کم

جدول ۱۰- آسیب پذیری مختلف بر اساس امتیازات

امتیاز	شدت آسیب پذیری
0 ~ 10	تخریبی
10 ~ 20	آسیب پذیری زیاد
40 ~ 70	آسیب پذیری متوسط
70 ~ 90	آسیب پذیری کم
90 ~ 100	غیر آسیب پذیر

با توجه به جداول ۹ و ۱۰ ساختمان مورد نظر در گروه ساختمان‌های آسیب پذیر کم ارزیابی می‌گردد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نتیجه گیری

ترسیم نقشه‌های GIS برای نواحی شهری همراه با دسترسی آسان به داده‌های مربوط به مصالح، به کار تصمیم گیرندگان و مدیران شهری سهولت بخشیده و هم چنین امکان برنامه ریزی آینده جهت مقابله و کاهش آسیب پذیری حاصله از وقوع زلزله را فراهم نموده است. به کار گیری نقشه GIS و استفاده از آلگوریتم ارایه شده؛ نرخ صحت داده مدیریت کیفیت را افزایش می‌دهد. با پیروی از جریان کلی FEMA در مدیریت کیفیت، بحثی که در مدیریت صنفی رایج می‌باشد، ما به یک معادله کاربردی دست یافتیم که جهت ارزیابی سریع شمار زیادی از ساختمان‌ها در مقابل اثرات زمین لرزه به کار گرفته می‌شود. دقت آلگوریتم توسط مقدار زیادی از داده‌های جمع‌آوری شده با مقایسه با یک طرح واقعی آزمایش گردید و به طور تحلیلی در یکی از شهرهای ایران بررسی شد.

بر اساس این تحقیق امتیازدهی ساختمان‌ها بر اساس فرم‌های استاندارد و فرمول تولید شده انجام پذیرفت و صحت فرمول با روش‌های تفصیلی تایید شد و یک روش نوین برای ارزیابی سریع لرزه‌ای ساختمان‌ها ابداع گردید.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع و مأخذ:

1- John Radke, Tom Cova, Michael F. Sheridan, 2000, Austin Troy, Lan Mu, Russ Johnson, Challenges for GIS in Eme rgency Preparedness and Response.
2- Falcon, N.L., 1974, An out line of the geology of the Iranian Makran. Geographical Journal, 140 (2).
3- Frankel, A. 1996. National Seismic-Hazard Maps: Documentation. USGS Open-File Report.
4- Kehlet, R. 1998. FEMA Speeds Up Disaster Relief with GIS. ArcNews. Spring 1998.
www.esri.com/news/arcnews/spring98articles/22-fema_speedsup.html.
5- Kessel, S.R. 1990. Australian geographical information and modeling system for natural area management. International Journal of Geographical Information Systems. 4(3).
6- Marquez, L.O., and S. Maheepala. 1996. An Object-Oriented Approach to the Integrated Planning of Urban Development and Utility Services. Computers, Environment, and Urban Systems. 20(4–5).
7- Pirasteh Saied, Mahmoodzadeh Amir, Alam Mahtab, 2008, Integration of Geo information Technology and Survey Analysis for Development in Mitigation Study against Earthquake: A Case Study for Esfahan Iran, Disaster Advances Journal, Vol.1 No.2.
8- Rango, A., and Anderson, A.T., 1974, "Flood Hazard Studies in the Mississippi River Basin Using Remote Sensing" in Water Resources Bulletin, Vol. 10, No. 5.
9- Sararf, A.K., Mishra, P., Mitra, S., Sarma, B. And Mukhopadhyay, D.K., 2002, Remote Sensing and GIS technologies for improvements in geological structures interpretation and mapping (A technical note)., Int. Jour. Remote Sensing, 23.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی