

جغرافیا و توسعه شماره ۳۶ پاییز ۱۳۹۳

وصول مقاله: ۱۳۹۰/۱۱/۱۶

تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۱۲/۱۴

صفحات: ۱۲۳-۱۳۴

## ارزیابی حریم امن شهری در ارتباط با ریسک‌پذیری سکونتگاه‌های شهری استان اصفهان

دکتر صفر قائدرحمتی<sup>۱</sup>، سوگل فاضل<sup>۲</sup>

### چکیده

وجود گسل‌های متعدد و پراکنش جغرافیایی زلزله‌ها در کشور ما نشانگر آن است که تقریباً مساحت زیادی از سرزمین ایران در معرض خطر زمین‌لرزه قرار داشته که در برگیرنده‌ی حجم وسیعی از جمعیت کشور می‌باشد. استان اصفهان از جمله استان‌های زلزله‌خیز کشور است بطوری که طبق اسناد و مدارک تاریخی تعدادی از شهرهای آن زلزله‌های مخربی تجربه نموده‌اند. همچنین وجود گسل‌های فراوان و به ثبت رسیدن تعداد زیادی کانون زلزله طی صد سال اخیر در این استان نشانگر فعال بودن گسل‌های آن می‌باشد. رشد جمعیت این استان طی ۵ دهه گذشته به حدود چهار برابر رسیده است. به منظور تحلیل و بررسی نحوه‌ی توزیع و پراکنش جمعیت شهری در این استان از "مدل آنتروپی" استفاده گردیده که نتایج نشان می‌دهد توزیع جمعیت این استان کاملاً متمرکز و نامتعادل می‌باشد. از طرفی بسیاری از مناطق مسکونی در استان اصفهان در حریم گسل‌ها استقرار یافته و در معرض خطر و آسیب‌پذیری بالایی قرار دارند، لذا برای جلوگیری از ایجاد شهرهای جدید و گسترش سکونتگاه‌های فعلی در مناطق پرخطر و عدم استقرار فعالیت‌های گوناگون اقتصادی در این مناطق و با هدف کاهش آسیب‌پذیری لرزه‌ای، انجام پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در این استان ضروری می‌نماید. بر اساس نقشه‌ی پهنه‌بندی تهیه شده حدود ۳۷ درصد وسعت استان اصفهان در منطقه‌ی با خطر بالا و بسیار بالا قرار دارد که شامل ۳۴ درصد شهرها و ۱۰/۵ درصد جمعیت شهری می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: آسیب‌پذیری لرزه‌ای، سکونتگاه‌های شهری، پهنه‌بندی خطر، استان اصفهان.

## مقدمه

از دیرباز و در همه تمدن‌ها شهرنشینی یکی از مشخص‌ترین نمود تکامل جوامع انسانی بوده است. با شروع انقلاب صنعتی و به دنبال آن گسترش شتابان شهرها، جوامع انسانی ساکن در آنها با مشکلات فراوانی مواجه شده‌اند (Amy & Mark, 2005: 51).

گسترش بی‌برنامه‌ی شهرها در کشورهای در حال توسعه این مراکز را به مناطقی با آسیب‌پذیری بالا نسبت به مخاطرات طبیعی بدل نموده است (Chardon, 1999: 197). شواهد نشان می‌دهد که تهدید زلزله در نواحی شهری در سطح جهانی در حال گسترش است و این تهدید با روند رو به افزایش مشکلی از مشکلات کشورهای در حال توسعه است (Tucker, 2005: 10). در واقع فرایند شهرنشینی، آسیب‌پذیری نسبت به مخاطرات طبیعی از جمله زلزله را به واسطه تمرکز انسان‌ها و تملک‌ها افزایش می‌دهد (Quarrantelli, 2003: 25). بنابراین تعیین حریم امن شهرها در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران به برنامه‌ریزان و مدیران شهری در تقلیل خطرات زلزله کمک شایانی می‌نماید. آنچه در بررسی زلزله در ایران اهمیت دارد این نکته می‌باشد که مدت‌زادگی از آخرین فعالیت‌های لرزه‌ای شهرهای بزرگ سپری شده و با توجه به دوره‌ی بازگشت آنها بروز زلزله در این شهرها قریب‌الوقوع است (زنگی‌آبادی و تبریزی، ۱۳۸۵: ۱۱۷). از طرفی می‌دانیم فراوانی منابع آب در حاشیه گسل‌ها عامل اصلی مکان‌گزینی شهرها و روستاها در کشور ما بوده است (عنابستانی، ۱۳۸۷: ۱۹۳). بنابراین بسیاری از شهرهای کشور (از جمله در استان اصفهان) به دلیل مجاورت با گسل‌ها در معرض آسیب جدی قرار دارند. تجربه‌ی زلزله در شهریم این موضوع را مشخص ساخت که عدم وقوع زمین‌لرزه در یک منطقه برای مدت طولانی هرگز به معنای مصونیت‌پذیری حتمی آن منطقه نمی‌باشد.

اهمیت و ضرورت این پژوهش از آن حیث است که تعداد زیادی از گسل‌های فعال در استان اصفهان توسط پردازش داده‌های رقومی ماهواره‌ای شناسایی گردیده و همچنین زمین‌لرزه‌های تاریخی و دستگامی فراوانی طی صد سال اخیر در این استان به ثبت رسیده (صفایی، ۱۳۸۴: ۱۲) و در این میان، حدود ده کانون زلزله، بالای ۵ ریشتر بوده است (پایگاه ملی داده‌های علوم زمین). جایگاه مهم استان اصفهان از نظر جغرافیایی و اقتصادی در کشور و تأکید کارشناسان در زمینه‌ی اولویت و ضرورت انجام بررسی تفصیلی پهنه-بندی خطر زمین‌لرزه برای شهرهایی که در کنار گسل‌ها قرار دارند و هدایت جریان‌های جمعیتی و سایر فعالیت‌های آنها به مناطق کم‌خطر و امن با هدف کاهش آسیب‌پذیری، لزوم تعیین خطر نسبی زمین‌لرزه را در استان اصفهان آشکار می‌سازد. هدف این پژوهش بررسی ویژگی‌های لرزه‌خیزی و لرزه زمین‌ساختی منطقه، پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه، تحلیل ریسک‌پذیری سکونتگاه‌های شهری و تعیین حدود جمعیت آسیب‌پذیر آنها می‌باشد.

## اهداف پژوهش

الف- تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در استان اصفهان.

ب- تحلیل ریسک‌پذیری سکونتگاه‌های شهری استان اصفهان و تعیین حدود جمعیت آسیب‌پذیر آنها.

## مواد و روش‌ها

در ابتدا به منظور بررسی وضعیت زمین‌شناسی و لرزه‌خیزی منطقه اطلاعات پایه شامل نقشه‌ی زمین‌شناسی استان، نقشه‌ی گسل‌های استان و تصاویر هوایی منطقه جمع‌آوری گردیدند. همچنین داده‌های مربوط به زمین‌لرزه‌های رخ داده در استان از پایگاه ملی داده‌های علوم زمین اخذ گردید. جهت بررسی وضعیت جمعیت و شهرنشینی استان از نتایج سرشماری عمومی نفوس

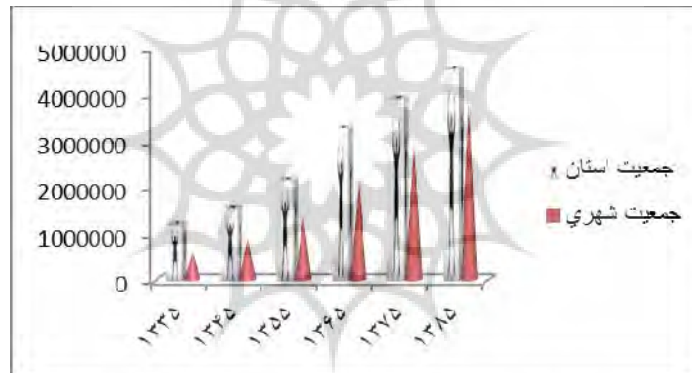
این تحلیل از جمله تحلیل‌های مهم جهت درون‌یابی<sup>۲</sup> می‌باشد، لذا با استفاده از این تحلیل و انتخاب روش وزن‌دهی فاصله معکوس یا "IDW"<sup>۳</sup> به پهنه‌بندی خطر زلزله در سطح استان اصفهان پرداخته شد.

### نتایج

#### تحلیل پراکنش جمعیت استان اصفهان

مطابق با نتایج تفصیلی سرشماری‌های سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۵ جمعیت استان اصفهان طی این دوره حدوداً چهار برابر شده که در این میان میزان رشد شهرنشینی آن به بیش از دو برابر رسیده است. تعداد شهرها نیز در این مدت چهار برابر شده است.

و مسکن سال ۱۳۸۵ و آخرین سالنامه آماری استان (۱۳۸۹) استفاده گردیده است. پس از جمع‌آوری کلیه داده‌ها از قبیل گزارشات، نقشه‌ها، داده‌های لرزه‌نگاری و غیره با بهره‌گیری از نرم‌افزار اتوکد ترسیم نقشه‌ها صورت پذیرفت و سپس با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، بانک اطلاعاتی اولیه شامل موقعیت گسل‌ها، توزیع مکانی کانون‌های زلزله و مراکز جمعیتی (شهرستان‌ها و شهرها) برای استان اصفهان ایجاد شد. در مرحله‌ی آخر جهت پهنه‌بندی منطقه‌ی مورد نظر از لحاظ خطر زمین‌لرزه از توابع تحلیل مکانی استفاده گردید. از جمله توابعی که در این پژوهش مورد استفاده واقع گردید؛ "تحلیل زمین‌آمار"<sup>۱</sup> می‌باشد. از آنجا که



شکل ۱: نمودار تغییرات جمعیت استان اصفهان و نقاط شهری آن طی سال‌های ۱۳۳۵-۱۳۸۵

مأخذ: مرکز آمار ایران، ۱۳۸۵-۱۳۳۵

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i * \ln p_i \Rightarrow G = 1 - \frac{H}{\ln k}$$

در این فرمول: H: آنتروپی مطلق

G: آنتروپی نسبی

P<sub>i</sub>: جمعیت شهرستان i نسبت به جمعیت استان

K: تعداد شهرستان‌ها

در این قسمت از پژوهش با استفاده از نتایج سرشماری نفوس و مسکن سال‌های ۱۳۵۵، ۱۳۶۵، ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵ و به‌کارگیری مدل آنتروپی نحوه‌ی پراکنش فضایی جمعیت استان اصفهان در سطح شهرستان بررسی گردیده ساختار کلی مدل به این شرح است:

#### 1-Geostatistical Analysis 2-Interpolation

۳- اساس روش Inverse Distance Weighted، بر مبنای این فرضیه است که در یک سطح انترپولاسیون اثر یک پارامتر بر نقاط اطراف یکسان نبوده و نقاط نزدیک، بیشتر و نقاط دور، کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند و هرچه فاصله از مبدأ افزایش می‌یابد، اثر پارامتر کمتر می‌شود.

دگرشیبی و ماگماتیسم همراه بوده و موجب تشکیل حوضه‌های رسوبگذاری جدید و تقسیم‌بندی منطقه گردیده است. سیمای مورفوتکتونیک فعلی این سرزمین در این دوران ترسیم شده و تاحدی به شکل امروزی خود نزدیک گردیده است (درویش‌زاده، ۱۳۷۰: ۲۳). از نمونه ساخت‌های بنیادی زمین‌شناسی موجود در منطقه، گسل‌های فراوانی می‌باشد. از آن جا که اکثر گسل‌های ایران نقاط ضعیف پوسته هستند و رها شدن انرژی متمرکز را ممکن می‌سازند، لذا گسل‌ها به ویژه انواع طولی عمده (با طول بیش از ۱۰ کیلومتر) در لرزه‌خیزی ایران نقش دارند و در این میان نباید گسل‌های بی‌نام نادیده گرفته شوند چرا که زلزله‌های بزرگی مثل طیس و بم بر روی دو گسل بی‌نام و پنهان روی داده‌اند (مهاجر اشجعی، ۱۳۶۰: ۱۲۲؛ علوی‌پناه و قربانی، ۱۳۸۶: ۱۵). در این پژوهش گسل‌های بالای ده کیلومتر به عنوان گسل اصلی در نظر گرفته شده است. از جمله گسل‌های اصلی که استان اصفهان را در بر می‌گیرند، می‌توان به گسل درونه، گسل دهشیر-بافت، گسل زاگرس، گسل پشت بادام، گسل قم-زفره و گسل کاشان اشاره کرد (نبوی، ۱۳۵۵: ۹۸).

#### - گسل کویر بزرگ (درونه):

این گسل یکی از ساخت‌های بنیادی ایران زمین است که با درازای حدود ۷۰۰ کیلومتر از مرزهای خاوری ایران تا بخش مرکزی دشت کویر کشیده شده است. هرچند که در مقایسه با دیگر پهنه‌های لرزه‌خیز ایران، لرزه‌خیزی این بخش کم و بیش پایین است، ولی ویرانی کاشمر در سال ۱۹۰۳ با زلزله ۵/۹ ریشتر و تربت‌حیدریه در سال ۱۹۲۳ با زلزله ۵/۸ ریشتری از داده‌های مهم لرزه‌ای در راستای این گسل می‌باشد.

دامنه‌ی تغییرات آنتروپی نسبی ( $G$ ) از صفر تا یک در نوسان است، در شرایطی که  $G=0$  باشد، همه‌ی جمعیت در یک شهر یا ناحیه‌ی متمرکز شده و برعکس وقتی  $G=1$  باشد توزیع جمعیت در سطح نواحی یا شهرها از روند متعادلی برخوردار است (Sudhira, 2003: 29).

تعداد شهرستان‌های استان اصفهان در سال ۱۳۵۵ و ۱۳۶۵ برابر ۱۵ عدد، در سال ۱۳۷۵ برابر ۱۷ عدد و در سال ۱۳۸۵ برابر ۲۱ عدد بوده است. با انجام محاسبات جداگانه برای هر دوره (جهت خودداری از اطاله‌ی مطلب) نهایتاً مقدار آنتروپی نسبی طی چهار دهه‌ی اخیر در جدول شماره‌ی ۱ آورده شده است.

جدول ۱: میزان آنتروپی نسبی در سطح شهرستان‌های استان اصفهان (۱۳۸۵-۱۳۵۵)

سال	G (آنتروپی نسبی)
۱۳۵۵	۰/۲۳
۱۳۶۵	۰/۲۴
۱۳۷۵	۰/۲۳
۱۳۸۵	۰/۲۷

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

با توجه به ارقام آنتروپی نسبی در سال‌های مختلف، هر چند که از سال ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۵ بر مقدار آن افزوده شده ولی در مجموع بی‌نظمی و تمرکز جمعیت در استان به روشنی آشکار است.

#### تحلیل وضعیت لرزه زمین‌ساخت استان اصفهان

استان اصفهان با قرارگیری در مرکز فلات ایران از نظر مورفوتکتونیک شامل چهار واحد ساختمانی به نام‌های: زاگرس چین‌خورده، زاگرس مرتفع، سنندج-سیرجان و ایران مرکزی می‌باشد (شفقی، ۱۳۸۱: ۱۶). از نظر زمین‌شناسی دوران مزوزوئیک را باید یکی از مهمترین دوران‌های زمین‌شناسی این سرزمین به حساب آورد. چرا که این حرکات با چین‌خوردگی،

**- گسل پشت بادام:**

این گسل از کهن‌ترین گسل‌های ایران بوده و مانند سایر گسل‌های اصلی این بخش از ایران مرکزی دارای راستای شمالی- جنوبی با کمی انحنای به سمت غرب می‌باشد (درویش زاده، ۱۳۷۰: ۴۶).

**- گسل دهشیر:**

گسل کواترنر دهشیر، گسلی است با راستای شمال غربی- جنوب شرقی و شیب نزدیک به قائم. درازای گسل نزدیک به ۳۵۰ کیلومتر است که از جنوب غربی ناین شروع شده و تا جنوب بنه و چاه‌گو در غرب کویر سیرجان ادامه دارد. با توجه به داده‌های دستگامی و عکس‌های هوایی منطقه، این گسل جوان و لرزه‌زا بوده ولی به سبب قرار گرفتن آن در پهنه‌ی کویری هیچ‌گونه داده‌ی لرزه‌خیزی تاریخی از آن موجود نیست. این گسل با عناوین دهشیر- بافت (نبوی، ۱۳۵۵: ۳۲) و ناین- بافت نیز معرفی شده است. (اشتوکلین و نبوی، ۱۹۷۳: ۴۶)

**- ابرگسل زاگرس:**

ابرگسل زاگرس با راستای شمال غربی- جنوب شرقی و سازو کار فشاری یکی از گسل‌های بنیادی موجود در ایران است که بر زمین درز میان پهنه سندرچ-سیرجان در شمال شرقی و زاگرس در جنوب غربی منطبق می‌باشد (Berberian & King, 1981: 81). درازای کلی این گسل از مرز شمال شرق ایران تا شمال تنگه هرمز حدود ۱۵۷۵ کیلومتر است. بیشتر کانون زمین‌لرزه‌های ثبت شده در جنوب گسل زاگرس واقع شده‌اند (علایی‌طالقانی، ۱۳۸۱: ۴۶).

**- گسل قم- زفره:**

در نوار آتشفشانی سهند- بزمان شکستگی‌هایی وجود دارند که گاهی به دنبال هم و گاهی موازی و بعضاً متقاطع هستند (نبوی، ۱۳۵۵: ۴۸). بخشی از آن را به نام گسل قم-زفره می‌نامند که از کوه‌های جنوب قم تا جنوب زفره (در نزدیکی شهر اصفهان) ادامه دارد ولی تصور می‌شود که تا باتلاق گاوخونی ادامه داشته باشد. بر اثر عملکرد این گسل سازندهای شمال زفره به صورت مجاورت تکتونیکی مقابل هم قرار گرفته‌اند و آهک‌های کرتاسه این منطقه تا دو کیلومتر جابه‌جا شده‌اند.

**- گسل کاشان:**

این گسل از جنوب فین در راستای شمال غربی- جنوب شرقی کشیده شده است. ناجی (۱۹۷۲) معتقد است که در امتداد آن رسوبات کواترنر دشت کاشان به طرف شمال رورانده شده‌اند.

**زمین‌لرزه‌های تاریخی**

بر اساس اسناد و مدارک تاریخی که از بین آنها داده‌های ارائه شده توسط آمبرسز و ملویل (۱۹۸۲) کامل‌ترین نوع آن می‌باشد، زمین‌لرزه‌های مخرب زیادی در گذشته در این استان روی داده است که از آن جمله می‌توان به زمین‌لرزه سال ۱۳۴۴ هجری شمسی اصفهان با ۲۰ کشته، زمین‌لرزه سال ۱۷۷۸ میلادی با ۸۰۰۰ کشته در کاشان، زمین‌لرزه سال ۱۳۱۶ هجری شمسی در گلپایگان با تعداد زیادی کشته، زمین‌لرزه سال ۱۸۴۴ میلادی در قهرود با ۱۵۰۰ کشته و... اشاره کرد.

جدول ۲: وقوع زلزله‌ها تا شعاع ۱۰۰ کیلومتری شهر اصفهان از سال ۱۹۶۲ تا ۲۰۱۲ میلادی

منبع داده	شدت زلزله	عمق زلزله	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	زمان محلی (UTC)	زمان (yyyy/mm/dd)
NAB	M:3.5		51.30	31.90	11:56:00.0	1962/09/20
NAB	M:3.5		51.30	31.90	11:56:00.0	1962/11/20
ISC	M:4.5	147	51.25	32.04	11:07:15.0	1975/12/02
ISC	M:4.4	33	50.78	32.21	12:41:32.0	1977/04/26
ISC	M:4.5	33	51.69	32.18	06:49:09.0	1977/05/26
ISC	M:4.6	33	52.16	32.23	12:17:36.0	1977/10/29
ISC	mb:4.5	33	51.72	32.09	08:12:32.0	1989/06/09
ISC	mb:3.6		51.67	31.87	21:23:06.0	1999/05/08
ISC	ML:3.3	33	50.97	32.14	01:24:02.0	2001/05/21
ISC	ML:3.4	33	50.93	33.15	16:02:44.0	2001/05/23
ISC	ML:2.7	15	51.92	33.37	17:37:43.0	2002/03/21
ISC	ML:2.8	40	51.02	32.29	20:57:53.0	2002/11/14
ISC	ML:3.4	33	51.44	31.97	09:00:24.0	2002/11/29
ISC	ML:3	33	51.25	31.92	22:16:01.0	2002/12/06
ISC	mb:4		52.16	32.45	20:20:55.0	2003/11/01
ISC	mb:4	51	51.97	31.82	23:22:29.0	2004/01/18
ISC	ML:3.4	15	51.91	31.92	01:42:17.0	2004/01/28
ISC	mb:3.9	26	51.48	32.23	12:18:14.0	2004/01/28
ISC	mb:4	2	51.75	31.85	19:35:46.0	2004/02/05
IIIES	ML:3.7	15	51.08	32.01	14:48:38.7	2004/10/09
IIIES	ML:3.7	14	52.13	31.94	17:23:26.6	2005/06/11
IIIES	ML:2.8	18	51.26	33.33	19:04:47.3	2006/03/03
IIIES	ML:2.9	14	51.12	31.90	10:39:58.3	2006/11/19
IIIES	ML:4	14	52.19	31.98	08:15:26.1	2008/03/19
IIIES	ML:3.4	14	50.96	33.29	01:52:12.4	2008/04/21
IIIES	ML:3.1	14	51.53	32.80	11:35:39.5	2008/08/25
IIIES	ML:3.3	15	51.67	32.96	00:44:02.8	2008/12/08
IIIES	ML:3.4	15	51.02	32.08	23:48:03.7	2009/07/10
IIIES	ML:2.8	46	51.96	33.50	16:16:09.3	2009/08/29
IIIES	ML:3.4	14	51.53	32.82	21:35:48.5	2010/11/26
IIIES	ML:2.5	14	51.06	33.35	04:56:06.8	2011/02/08
IIIES	ML:2.8	14	51.17	33.07	00:41:31.6	2011/06/03
IIIES	ML:2.9	16	50.88	32.14	16:28:08.3	2012/12/08

پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، IIIES

ISC: International Seismological Centre

استان طی این دوره و همچنین عدم تأثیر این زلزله‌ها در خرابی سکونتگاه‌ها، در این پژوهش فقط زلزله‌های بالای سه ریشتر در نظر گرفته شده‌اند.

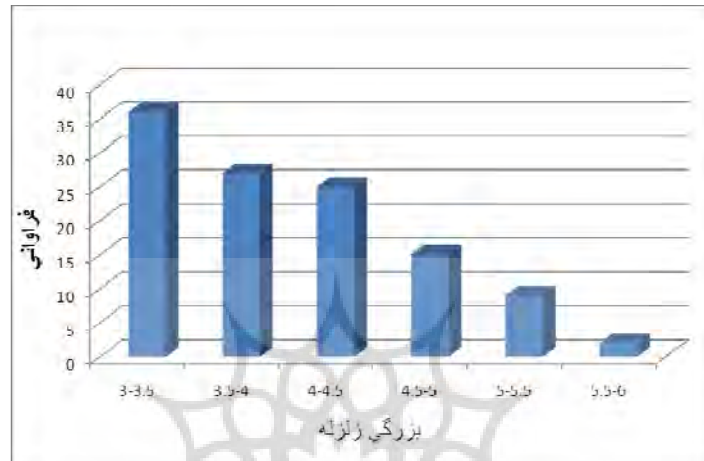
از طرفی سطحی بودن عمق اغلب زمین‌لرزه‌ها در ایران و بافت فرسوده و قدیمی بسیاری از سکونتگاه‌ها موجب شده وقوع زمین‌لرزه‌های متوسط و حتی کوچک

تعیین موقعیت کانون‌های زمین‌لرزه و ارتباط آن با گسل‌های منطقه

از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۰ و با ایجاد شبکه‌های لرزه-نگاری حدود ۱۰۸۰ زلزله در این استان به ثبت رسیده که ۱۰ مورد آن بالای ۵ ریشتر بوده است. با توجه به فراوانی بسیار زیاد زلزله‌های یک تا سه ریشتر در سطح

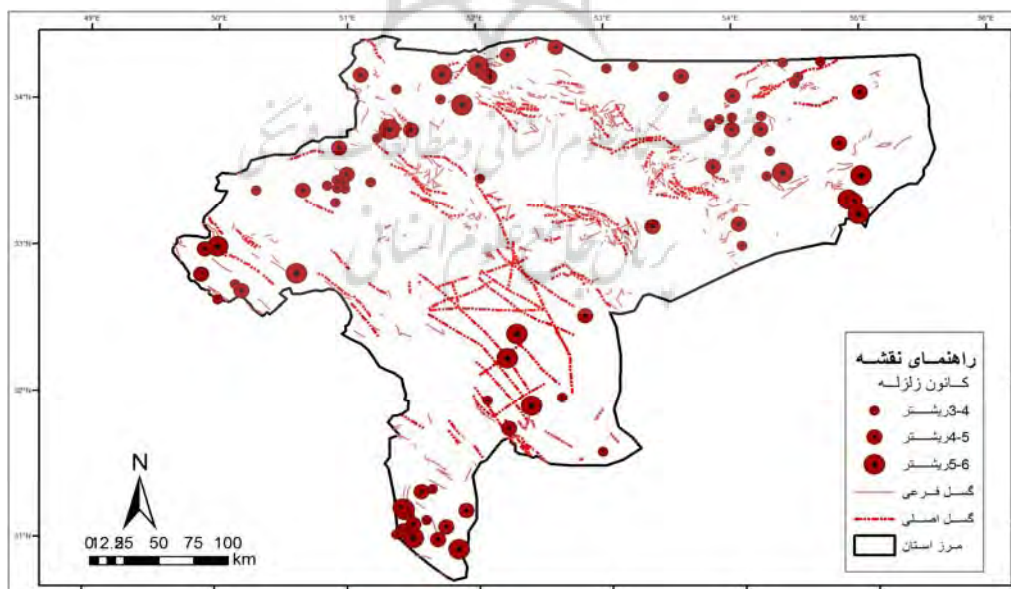
زمین‌لرزه‌های بالای سه ریشتر در سطح استان را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد در فاصله در نظر گرفته شده زلزله‌های ۳-۳/۵ ریشتری از فراوانی بیشتری برخوردارند.

مقیاس (۳-۴ ریشتر) نیز علاوه بر این که موجب وحشت مردم شده خسارت‌هایی به سکونتگاه‌های قدیمی و شبکه‌های ارتباطی از قبیل مسدود شدن جاده‌ها و غیره وارد آید. شکل شماره ۳ فراوانی



شکل ۲: نمودار فراوانی زلزله‌های بالای سه ریشتر در استان اصفهان طی سال‌های ۱۹۰۰-۲۰۱۰  
 مأخذ: پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، ۲۰۱۰

شکل زیر موقعیت گسل‌ها و کانون‌های زلزله در سطح استان را نشان می‌دهد.

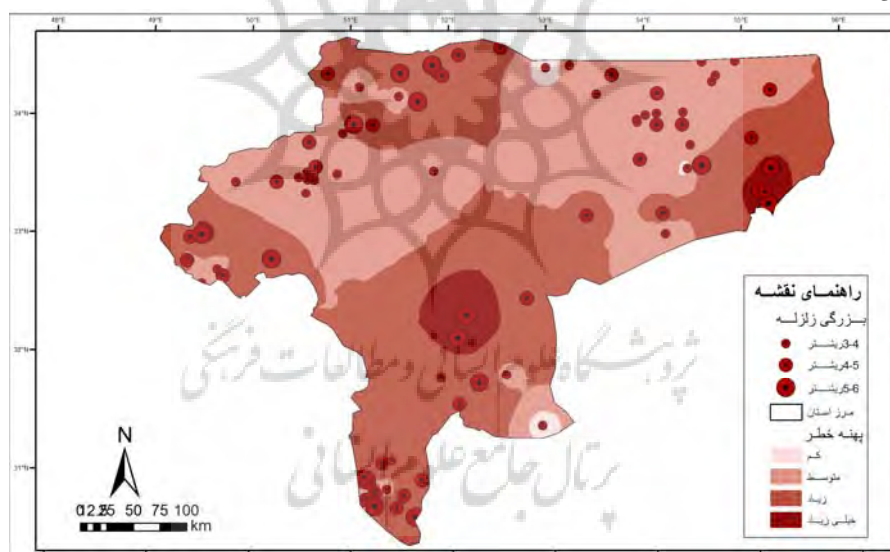


شکل ۳: نمایش موقعیت گسل‌ها و کانون‌های زلزله بالای سه ریشتر در استان اصفهان  
 ترسیم: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

جهت پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در استان اصفهان با در نظر گرفتن زلزله‌های بالای سه ریشتر طی صد سال گذشته (۲۰۱۰-۱۹۰۰) در سطح استان و ایجاد لایه‌ی نقطه‌ای با کانون‌های فوق و با استفاده از روش IDW (که در قسمت مواد و روش‌ها توضیح داده شد)، کل منطقه به چهار پهنه خطر "کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد" تقسیم شده است (شکل ۵). با تبدیل این نقشه به رستر<sup>۲</sup> و سپس طبقه‌بندی<sup>۳</sup> مجدد آن تعداد پیکسل‌های<sup>۴</sup> موجود در هر پهنه، در جدول ویژگی<sup>۵</sup> لایه‌ی تولید شده به دست می‌آید که با استفاده از آن و معین بودن ابعاد پیکسل‌ها در نرم‌افزار، مساحت هر پهنه مشخص می‌گردد.

با استفاده از نرم‌افزار GIS و با اجرای شرط مکانی<sup>۱</sup> بر روی دو لایه‌ی کانون‌های زلزله و گسل‌ها مشخص گردید که ۶۴ درصد کانون‌های زلزله در فاصله ۲۰ کیلومتری گسل‌های اصلی قرار دارند.

**نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه استان اصفهان**  
زلزله‌هایی که در پهنه ایران رخ می‌دهند معمولاً از نوع سطحی و یا با عمق حدوداً ۳۲ کیلومتر بوده و به همین علت زلزله‌ها غالباً قدرت تخریب بالایی دارند (نگارش، ۱۳۸۴: ۳). سطحی بودن عمق زمین‌لرزه‌ها و بافت فرسوده و قدیمی بسیاری سکونتگاه‌ها موجب شده با وقوع زمین‌لرزه‌های متوسط و حتی کوچک مقیاس (۳-۴ ریشتری) نیز خسارت‌هایی به وجود آید (کریمی و دیگران، ۱۳۸۷: ۸۶).



شکل ۴: نقشه پهنه‌بندی خطر زلزله در استان اصفهان

ترسیم: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

می‌باشد. پس از آن ناحیه با خطر زیاد حدود ۲۷ درصد و ناحیه با خطر خیلی زیاد ۱۰ درصد وسعت استان را دربرگرفته‌اند. به عبارت دیگر حدود ۳۷ درصد وسعت استان در محدوده‌ی پرخطر قرار دارد.

بر مبنای این نقشه، ناحیه با خطر کم ۱۹ درصد وسعت استان را شامل می‌شود و بیشترین وسعت استان از نظر خطر زمین‌لرزه در پهنه‌ی خطر متوسط قرار دارد، این ناحیه که ۴۴ درصد مساحت منطقه است، در برگیرنده‌ی قسمتی از گسل‌های اصلی

- 1-Select by location
- 2-Raster
- 3-Reclassify
- 4-Pixel
- 5-Attribute table



جدول ۳: درصد مساحت استان اصفهان در پهنه‌های

مختلف خطر زلزله

پهنه خطر	مساحت (درصد)
کم	۱۹
متوسط	۴۴
زیاد	۲۷
خیلی زیاد	۱۰

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

– تعیین جمعیت شهری آسیب‌پذیر از خطر زلزله

آسیب‌پذیری شهری میزانی از تفاوت‌های ظرفیتی جوامع شهری برای مقابله با آثار مخاطرات طبیعی بر اساس موقعیت آنها در ساختار فضایی شهر و ویژگی‌های اجتماعی آن جوامع است (احمدزاد، ۱۳۸۹: ۴۳). معمولاً در تحقیقات مربوط به کاهش تأثیرات مخرب زلزله به شناسایی مخاطره یا روش‌های ساخت و ساز و مقاوم‌سازی بناها بیشتر توجه شده و تحلیل آسیب‌پذیری و ریسک‌پذیری جوامع انسانی به‌فراموشی سپرده می‌شود. در حالی که معرفی سکونتگاه‌های آسیب‌پذیر و جمعیت واقع در پهنه‌های پرخطر از نکات کلیدی است تا بتوان با برنامه‌ریزی‌های مناسب، برای ایمن‌سازی و کاهش ضریب خطرپذیری آنها اقدام کرد.

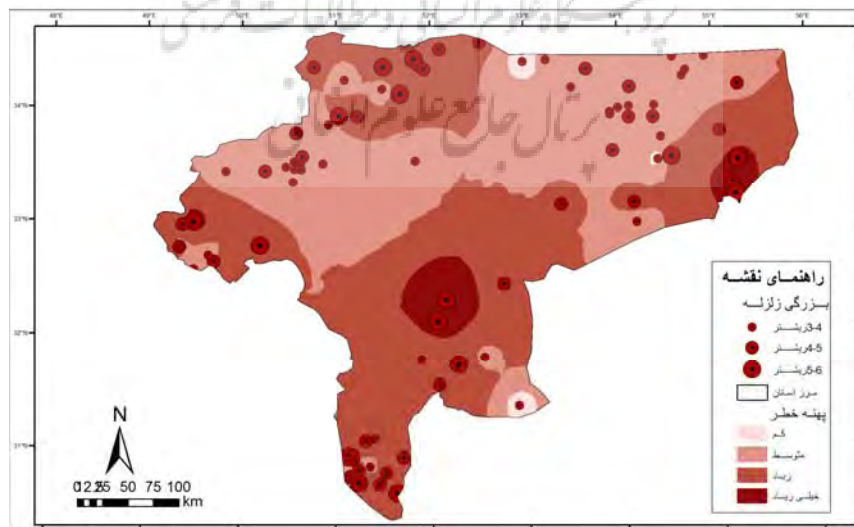
جهت تحلیل و بررسی جمعیت شهری آسیب‌پذیر از خطر زلزله در سطح استان، لایه‌ی نقاط شهری را با نقشه‌ی پهنه‌بندی تولید شده انطباق داده (شکل ۴) و به این نتیجه رسیدیم که در پهنه‌ی با خطر کم، جمعیتی وجود ندارد، لیکن در پهنه‌ی خطر متوسط حدوداً جمعیتی معادل ۸۹/۵ درصد جمعیت شهری استان استقرار و توزیع یافته‌اند. ۱۰ درصد جمعیت استان در پهنه‌ی با خطر زیاد و ۰/۵ درصد باقی‌مانده نیز در پهنه خطر خیلی زیاد سکنی گزیده‌اند. جدول شماره ۳ تعداد شهرها و پراکنش جمعیت شهرهای استان اصفهان در پهنه‌های مختلف خطر را نشان می‌دهد.

جدول ۴: پراکنش شهرها و جمعیت شهری استان اصفهان در

پهنه‌های مختلف خطر

تعداد شهرهای واقع در پهنه‌های خطر	درصد شهرها	پهنه‌های خطر	جمعیت شهری	درصد جمعیت
–	–	کم	–	–
۶۰	٪۶۶	متوسط	۳۴۰۰۶۳۷	۸۹/۵
۳۰	٪۳۲	زیاد	۳۸۹۹۶۲	۱۰
۲	٪۲	خیلی زیاد	۸۱۲۹	۰/۵

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰



شکل ۵: انطباق شهرهای استان اصفهان با نقشه پهنه‌بندی خطر زلزله

ترسیم: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

## نتیجه

زمین‌لرزه‌های ایران مرکزی غالباً از نظر زمان و محل رویداد به صورت ناپیوسته و ناگهانی با بزرگی زیاد و ژرفایی کانونی کم در امتداد گسل‌های معکوس کوهپایه‌ای روی می‌دهند. زلزله‌های با بزرگی زیاد ایران مرکزی با دوره‌های بازگشت طولانی مشخص می‌گردند، به نحوی که دوره‌های غیرلرزه‌ای بعضی گسل‌ها در سده‌ی بیستم نشانگر عدم لرزه‌زا بودن این گسل‌ها نیست. با توجه به سابقه‌ی بروز زلزله‌های تاریخی و مخرب بودن بسیاری از آنها در استان اصفهان و از سوی دیگر ثبت بیش از چند صد کهلرزه با بزرگی بین ۲ تا ۶ ریشتر توسط دستگاه‌های لرزه‌نگاری طی سده گذشته (پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور)، فعال بودن گسل‌های این منطقه ثابت و لزوم توجه به وضعیت لرزه‌خیزی این استان مشخص می‌گردد. ضمن این که بسیاری از این گسل‌ها با طول بیش از یکصد کیلومتر بوده و طبق روابط مربوطه می‌توانند باعث وقوع زلزله‌های بزرگی گردند، که به تابعیت از دیگر زمین‌لرزه‌های کشور سطحی و کم‌عمق خواهند بود. با تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در استان اصفهان مشخص گردید که حدود ۳۷ درصد وسعت استان و ۳۴ درصد شهرها در محدوده‌ی پرخطر قرار دارند و مطابق همین نقشه ۱۰/۵ درصد جمعیت شهری استان دارای ریسک‌پذیری زیادی می‌باشند. به ویژه اینکه اکثر شهرهای استان اصفهان دارای بافت‌های فرسوده و سکونتگاه‌های کم‌دوام بسیاری می‌باشند. از طرفی یکی از مدل‌های استفاده شده در تعیین پراکنش جمعیت مدل آنتروپی می‌باشد که طبق این مدل، جمعیت استان اصفهان طی دهه‌های اخیر علیرغم افزایش (آنتروپی نسبی) از سال ۵۵ تا سال ۸۵، عملاً متمرکز و توزیع آن نامتعادل و بی‌برنامه بوده و این تمرکز خود می‌تواند عاملی جهت افزایش آسیب‌پذیری لرزه‌ای گردد.

استان اصفهان به عنوان یکی از استان‌های صنعتی و مهم کشور نقش بسزایی در توسعه کشور ایفا می‌نماید و به دلیل دارا بودن مزایایی از قبیل مرکزیت کشور و سهولت دسترسی به همه نقاط، مساعد بودن نسبی از نظر آب و هوا، هموار بودن منطقه، عبور رودخانه‌ی زاینده‌رود از آن و وجود شهر اصفهان به عنوان سومین شهر پرجمعیت کشور در آن، جهت ایجاد تأسیسات نظامی، اتمی، صنعتی و غیره و اجرای پروژه‌های عمرانی بسیار مساعد می‌باشد. با توجه به این که بیشتر جمعیت استان طبق نقشه تهیه شده در محدوده خطر متوسط قرار دارند، با رعایت قوانین و مقررات شهرسازی و مقاوم‌سازی ساختمان‌ها، مسائل و مشکلات ناشی از وقوع زمین‌لرزه‌های این استان قابل پیشگیری هستند. بنابراین با بررسی ویژگی‌های لرزه‌خیزی منطقه و توان لرزه‌زایی گسل‌های فعال آن باید در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های استان نسبت به این موضوع اقدامات لازم صورت گیرد.

## منابع

- احدنژادروشتی، محسن (۱۳۸۹). ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی شهرها در برابر زلزله (نمونه موردی: شهر زنجان)، فصلنامه مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای. سال دوم. شماره هفتم.
- دفتر آمار و اطلاعات استانداری (۱۳۸۹). سالنامه آماری استان اصفهان.
- درویش‌زاده، علی (۱۳۷۰). زمین‌شناسی ایران، تهران. نشر دانش امروز.
- زنگی‌آبادی، علی؛ نازنین تبریزی (۱۳۸۵). زلزله تهران و ارزیابی فضایی آسیب‌پذیری مناطق شهری، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۶.
- شفقی، سیروس (۱۳۸۱). جغرافیای اصفهان، انتشارات دانشگاه اصفهان. چاپ اول.
- صفایی، همایون (۱۳۸۴). طرح پژوهشی شناسایی و بررسی توان لرزه‌ای گسل‌های اطراف اصفهان، معاونت شهرسازی و معماری شهرداری اصفهان.

- Amberseys, N.N and Melville, C.P (1982). "A history of Persian earth quake, Cambridge earth Science series".
- Amy, k. and Mark Hme Donn (2005). electing Independent Measure to Quantity, Melborne urban – Rural Gradient, Lanurb. Plan. Journal.
- Berberian, M and king, G.C.P (1981). Toward paleogeography and tectonic evolution of Iran, can.j. Earth. Sci, vol 18.
- Chardon, Anne- Cathrine (1999). A geographic approach of the global Vulnerability in urban Area: Case of Manisales, Colobian Andes.
- Qurrantelli, El (2003). Urban Vulnerability to disasters in developing Countries:Managing risks In building safer Cities, Washington.
- Sudhira, Hs (2003). Ramachandra, TV and Jagadish, K.S Urban Growth Analysis using spatial temporal data Journal of Indian society of remote sensing, Vo131, issue 4, India.
- Tucker, B. E (2005). SOME Remark concerning worldwide urban Earthquake Hazard and Earthquake Hazard mitigation, Issue in urban Earthquake risk.
- [www.iiees.acir](http://www.iiees.acir)
- پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله
- [www.ngdir.ir](http://www.ngdir.ir)
- سازمان نقشه‌برداری کشور
- [www.sci.ac.ir](http://www.sci.ac.ir)
- مرکز آمار ایران
- <http://www.isc.ac.uk>
- علایی طالقانی، محمود (۱۳۸۱). ژئومورفولوژی ایران، نشر قومس. تهران.
- علوی‌پناه، کاظم؛ محمدصدیق قربانی (۱۳۸۶). نقش سنجش از دور و بررسی‌های میدانی در تجزیه و تحلیل‌های مورفوتکتونیک، مطالعه موردی: بم، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۶.
- عنابستانی، علی‌اکبر (۱۳۸۷). گسل درونه و استقرار سکونتگاه‌های انسانی در منطقه کاشمر، مجله پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۶۳.
- کرمی، فریبا؛ مریم بیاتی؛ داوود مختاری (۱۳۸۷). خطر زمین‌لرزه و تحلیل ریسک‌پذیری مراکز جمعیتی از زلزله (مورد شهرستان بستان‌آباد)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۹۱.
- مهاجر اشجعی، ارسلان (۱۳۶۰). ثبت و تفسیر لرزه‌های محلی و ویژگی‌های زلزله‌خیزی مناطق اصفهان و شهر کرد، امور ویژه زلزله‌شناسی سازمان انرژی اتمی ایران.
- نبوی، محمدحسن (۱۳۵۵). دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، تهران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی.
- نگارش، حسین (۱۳۸۴). زلزله، شهرها و گسل‌ها، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی. سال نوزدهم. شماره ۴. انتشارات قدس رضوی.



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی