

بررسی عملکرد صنعت بیمه در جبران خسارت زلزله با روش‌های آمار فضایی: مطالعه موردی زلزله سرپل ذهاب

مهدی رحمانی قرائقیه^۱، مرتضی بسطامی^۱، افشین فلاح^۲، وحید ماجد^۳

^۱ پژوهشکده سازه، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله

^۲ گروه آمار، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی

^۳ گروه اقتصاد، دانشگاه تهران

چکیده: در این مطالعه، میزان پرداخت‌های ۱۹ شرکت بیمه به واحدهای مسکونی در یک دهه گذشته در ایران با روش‌های آمار فضایی بررسی شد. تعدادی از شرکت‌های بیمه در یک زلزله مشخص به دلیل نفوذ نامتعادل، هزینه زیادی را پرداخت کردند که می‌توانست برای آن‌ها مشکل‌ساز شود. علاوه بر این ضریب موران نسبت عملکرد برای یک شرکت بیمه در زلزله سال ۱۳۹۶ سرپل ذهاب حاکی از خودهمبستگی فضایی و توزیع خوشه‌ای داده‌ها در استان کرمانشاه است. نسبت عملکرد شرکت بیمه در مناطق غربی استان با شدت آسیب متوسط و زیاد با کاهش نسبت آسیب، کمتر می‌شود. در واقع واحدهای با آسیب کم تعداد پرداخت کمتری به نسبت آسیب دارند. در مناطق شرقی با شدت آسیب کم، نسبت عملکرد بیشتر است. همچنین مدل رگرسیون لوژستیک احتمال پرداخت شرکت بیمه به واحدهای مسکونی را برآورد کرد. از آنجا که با کاهش نسبت آسیب، احتمال پرداخت کمتر می‌شود و مقدار مانده‌های مدل دارای همبستگی فضایی است، استفاده از آمار فضایی دقت مدل‌ها را افزایش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: بیمه زلزله، واحد مسکونی، همبستگی فضایی، ضریب موران، رگرسیون لوژستیک

کد موضوع بندی ریاضی (۲۰۱۰): 60M30، 62M11

۱ مقدمه

گسترش شهرها و روستاها در مناطق با لرزه‌خیزی بالا، شرایط زمین‌شناسی منطقه، ساختمان‌های غیرمهندسی و بسیاری از عوامل دیگر، موجب آسیب ساختمان‌های مسکونی می‌شود. به دلیل هزینه زیاد ساخت مسکن، تأمین بودجه لازم برای

نام و آدرس پست الکترونیکی ارائه‌دهنده مقاله: مهدی رحمانی قرائقیه، mahdi.rahmani@stu.iies.ac.ir

تعمیر و بازسازی این واحدهای مسکونی به‌خصوص توسط خانوارهای با درآمد پایین بسیار دشوار است (میر، ۲۰۱۱). دولت‌ها با در اختیار قرار دادن کمک‌های بلاعوض، وام‌های کم بهره و تسهیلات ویژه در زمان حادثه بخشی از هزینه‌ها را جبران می‌کنند (کینگ و همکاران، ۲۰۱۴). زلزله یک خطر سیستماتیک است که منطقه وسیعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. زلزله‌های با شدت تخریب بالا می‌توانند شرکت‌های بیمه را نیز تحت بار مالی زیادی قرار دهد (پاکدل و همکاران، ۲۰۱۵). افزایش تعرفه بیمه، تعیین سقف پرداخت، تعیین تعرفه بیمه براساس ریسک لرزه‌ای، گسترش نفوذ در مناطق با ریسک پایین و انتقال خطرات از سبد سهام شرکت بیمه به بیمه‌گران اتکایی، دولت‌ها و بازارهای سرمایه از جمله اقدامات شرکت‌ها برای مقابله با رخداد زلزله است (گریس و همکاران، ۲۰۰۳؛ کاجیتانی و همکاران، ۲۰۱۳). به دلیل اختیاری بودن بیمه زلزله، نرخ وقوع پایین زلزله، مردم و حتی دولت‌ها توجه چندانی به بیمه زلزله ندارند. در نتیجه افزایش نرخ نفوذ و حق بیمه کار آسانی برای شرکت‌های بیمه نخواهد بود (کانریترو و پائولی، ۲۰۰۴؛ پاتن و همکاران، ۲۰۱۹؛ گودا و همکاران، ۲۰۲۰). بررسی داده‌های زلزله‌های گذشته با روش‌های آماری یک راه‌حل مناسب برای تعیین سیاست شرکت‌های بیمه است. در این مطالعه، میزان پرداخت و تعداد پرونده‌های خسارتی ۱۹ شرکت بیمه و همچنین تعداد واحدهای آسیب دیده در یک دهه گذشته در اثر زلزله جمع‌آوری شده است. این داده‌ها می‌توانند توزیع فضایی رخدادها با خسارات اقتصادی بالا و عملکرد و گستره نفوذ صنعت بیمه در آن مناطق را نمایش دهد. عملکرد یک شرکت بیمه در زلزله سال ۱۳۹۶ سرپل‌ذهاب کرمانشاه بررسی شد. شدت این زمین‌لرزه موجب آسیب به ساختمان‌ها شد و شرکت بیمه بخشی از خسارات وارد بر ساختمان‌های بیمه‌شده را جبران کرد. براساس مطالعات انجام شده، شدت زمین‌لرزه دارای همبستگی فضایی است و باید براساس آن میزان خسارات وارد بر ساختمان‌های منطقه را محاسبه کرد (پارک و همکاران، ۲۰۰۷). در برخی زلزله‌ها، همبستگی فضایی شدت زمین‌لرزه دارای میدان ناهمسانگرد است که تأثیر قابل توجهی بر نتایج تحلیل ریسک لرزه‌ای دارد (گرکانی نژاد و بسطامی، ۲۰۱۹؛ عباسنژادفرد و همکاران، ۲۰۱۹). بنابراین استفاده از روش‌های آمار فضایی که همبستگی فضایی میان مشاهدات مربوط به زلزله را در تحلیل‌ها در نظر می‌گیرند، ضروری است. برای تعیین عملکرد شرکت‌های بیمه در ارتباط با پرداخت خسارات زلزله در گسترده نفوذ خود باید از روش‌های مناسب استفاده کرد. یکی از روش‌های تعیین پراکندگی و خوشه‌ای بودن پارامترهای بیمه، استفاده از ضریب خودهمبستگی فضایی موران است (ژیائو و همکاران، ۲۰۱۸). این ضریب با توجه به موقعیت فضایی و مقادیر متغیرها تعیین می‌شود. پس از آن می‌توان براساس نتایج بدست آمده با استفاده از رگرسیون لوژستیک، برازش احتمال پرداخت خسارات توسط شرکت‌های بیمه را مورد ارزیابی قرار داد.

۲ درصد پرداخت‌های شرکت‌های بیمه در ایران

از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸ تعداد زیادی زلزله در کمربند البرز، زاگرس و کپه داغ رخ داده است. برخی از آن‌ها خسارات بیشتری به همراه داشته‌اند. برای زلزله‌های سال ۱۳۹۱ اهر-ورزقان در استان آذربایجان شرقی و زلزله سال ۱۳۹۶ سرپل‌ذهاب کرمانشاه، بیشترین پرداخت‌ها از طرف شرکت‌های بیمه صورت گرفته است. با نگاهی به شکل ۱، توزیع پرداخت‌ها توسط ۱۹ شرکت بیمه، مسئله مهمی دیده می‌شود. برای نمونه شرکت شماره ۳ در استان کرمانشاه حدود ۱۶ درصد پرداخت‌های کل شرکت‌های بیمه در کل استان‌های زلزله‌زده در طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸ را پرداخته است و در سایر استان‌ها پرداخت قابل توجهی ندارد. یعنی نفوذ این شرکت تنها در استان کرمانشاه است. شرکت شماره ۲ نیز حدود ۱۰ درصد پرداخت‌ها را در استان آذربایجان غربی دارد. بی‌توجهی به این موارد موجب انباشتگی زیان و ورشکستگی شرکت‌های بیمه خواهد شد. این شرکت‌ها می‌توانند از طریق نرخ‌های واقعی بیمه برای نقاط لرزه‌خیز، محدودیت سقف تعهد پرداخت، گسترش نفوذ در سطح کشور و سایر سیاست‌ها ریسک خود را کاهش دهند.

بیمه‌گر (شرکت شماره)

استان	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹
ایران	۱۲.۳٪	۴.۹٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
آذربایجان شرقی	۴.۷٪	۰.۲٪	۰.۱٪	۲.۱٪	۰.۲٪	۴.۱٪	۰.۰٪	۰.۱٪	۰.۴٪	۰.۰٪	۰.۳٪	۰.۰٪	۰.۴٪	۰.۰٪	۰.۱٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
آذربایجان غربی	۰.۶٪	۹.۸٪	۰.۰٪	۰.۲٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
اردبیل	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
اصفهان	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
البرز	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
ایلام	۰.۴٪	۱.۵٪	۰.۵٪	۰.۰٪	۰.۱٪	۰.۰٪	۰.۲٪	۰.۱٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
بوشهر	۱.۳٪	۰.۰٪	۰.۴٪	۰.۵٪	۰.۲٪	۰.۵٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
تهران	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۱٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
چهارمحال و بختیاری	۰.۰٪	۰.۱٪	۰.۰٪	۰.۱٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
خراسان جنوبی	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
خراسان رضوی	۰.۵٪	۱.۱٪	۰.۰٪	۰.۹٪	۰.۲٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
خراسان شمالی	۰.۷٪	۱.۳٪	۱.۹٪	۰.۷٪	۰.۰٪	۰.۲٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۲٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
خوزستان	۰.۸٪	۰.۰٪	۰.۱٪	۰.۱٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
زنجان	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
سمنان	۰.۰٪	۰.۳٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
سیستان و بلوچستان	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
فارس	۰.۰٪	۰.۲٪	۰.۰٪	۰.۱٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
قزوین	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
قم	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
کردستان	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۱٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
کرمان	۰.۲٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۱٪	۰.۰٪	۰.۵٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
کرمانشاه	۲.۱٪	۱.۷٪	۱.۶٪	۵.۵٪	۵.۱٪	۰.۲٪	۲.۳٪	۱.۳٪	۰.۶٪	۰.۸٪	۰.۴٪	۰.۵٪	۰.۰٪	۰.۲٪	۰.۲٪	۰.۱٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
کهگیلویه و بویراحمد	۰.۰٪	۰.۱٪	۰.۰٪	۰.۱٪	۰.۱٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
گلستان	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
گیلان	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۱٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
لرستان	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
مازندران	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۱٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
مرکزی	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
هرمزگان	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۱٪	۰.۴٪	۰.۰٪	۰.۱٪	۰.۰٪	۰.۱٪	۰.۰٪	۰.۲٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
همدان	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪
یزد	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪

شکل ۱: توزیع درصد پرداخت ۱۹ شرکت بیمه برای زلزله‌های سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸

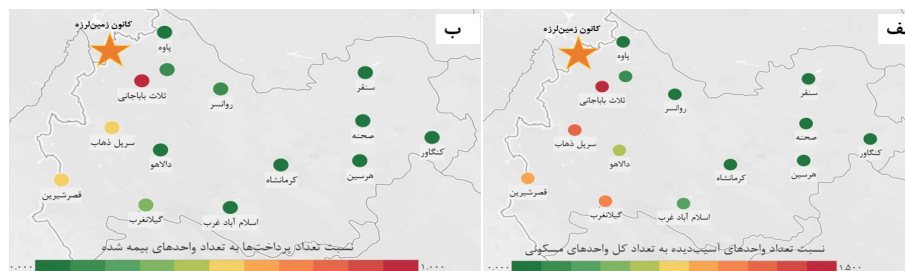
۳ زمین‌لرزه سرپل‌ذهاب کرمانشاه

زلزله آبان‌ماه سال ۱۳۹۶ با بزرگای $7/3$ یکی از مخرب‌ترین زلزله‌های یک دهه گذشته در ایران است. این زلزله مقیاس مناسبی برای بررسی عملکرد شرکت‌های بیمه است. در این زلزله تعداد زیادی واحد مسکونی در شهرستان‌های استان کرمانشاه تحت تأثیر زلزله قرار گرفتند. جدول ۱ به تفکیک ساختمان‌های دارای اسکلت فلزی، بتنی، سایر و نامعلوم را براساس داده‌های مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵ و همچنین تعداد واحدهای مسکونی احداثی و تعمیراتی براساس داده‌های بنیاد مسکن انقلاب اسلامی ارائه کرده است. برای درک بهتر و بررسی‌های اولیه از ابعاد زلزله، نسبت داده‌های ارائه شده در این مقاله به‌تصویر کشیده شده است. شکل ۲ الف، نسبت تعداد واحدهای مسکونی آسیب‌دیده به تعداد کل واحدهای مسکونی (نسبت آسیب) در سطح شهرستان را نشان می‌دهد. کانون زمین‌لرزه در شمال غربی استان کرمانشاه و در مرز ایران و عراق است. این نسبت آسیب در نیمه غربی استان کرمانشاه در شهرستان‌های ثلاث‌باباجانی، سرپل‌ذهاب، قصرشیرین و گیلانغرب بیشترین مقدار را دارد. در واقع این مناطق نزدیک کانون زمین‌لرزه یا دارای خاک آبرفتی هستند. مطابق مطالعه عباسنژادفرد و همکاران (۲۰۲۰) در برخی زمین‌لرزه‌ها، شدت زمین‌لرزه و سرعت موج برشی در عمق متوسط ۳۰ متری زمین که بیانگر نوع خاک است، دارای همبستگی فضایی هستند و نسبت و راستای ناهمسانگردی آن‌ها مطابق یکدیگر است. شدت زمین‌لرزه در مناطق با خاک‌های آبرفتی، تشدید و موجب آسیب به ساختمان‌ها در مناطق جنوبی کانون زلزله و غرب استان کرمانشاه می‌شود. نسبت تعداد پرونده‌های خسارتی واحدهای مسکونی به تعداد واحدهای بیمه‌شده (نسبت پرداخت) توسط یک شرکت بیمه در شکل ۲ ب نشان می‌دهد که مناطق با نسبت آسیب بالا، نسبت پرداخت بیشتری نیز دارند. در واقع شرکت‌های بیمه مطابق الگوی نسبت آسیب، پرداخت داشته‌اند. برای بررسی دقیق‌تر عملکرد این شرکت بیمه نسبت پرداخت تقسیم بر نسبت آسیب به‌عنوان نسبت عملکرد در نظر گرفته و مقدار ضریب موران برای نسبت عملکرد در شهرستان‌های

جدول ۱: تعداد کل واحدهای مسکونی و آسیب دیده شهرستان‌های استان کرمانشاه

شهرستان	اسکلت فولادی	اسکلت بتنی	اسکلت سایر	اسکلت نامعلوم	واحدهای احداثی	واحدهای تعمیری
اسلام آبادغرب	۹۹۰۴	۴۷۰۳	۲۲۲۳۹	۱۵	۳۷۱۶	۱۱۰۷۸
پاوه	۳۵۰۱	۲۷۴۵	۱۱۷۱۱	۸	۹۵۹	۱۱۳۵۳
ثلاث باباجانی	۲۱۶۸	۱۵۷	۶۴۸۰	۴	۳۳۰۴	۱۱۳۹۵
جوانرود	۹۷۴۹	۴۶۶	۹۴۰۶	۴۵	۱۲۶۲	۳۷۴۹
دالاهو	۱۹۵۷	۸۴۸	۶۴۸۱	۲	۳۴۹۶	۲۵۵۹
روانسر	۴۵۵۵	۸۴۷	۷۲۹۴	۱۳	-	-
سرپل ذهاب	۵۶۶۱	۴۱۱۶	۱۲۱۸۱	۲۰	۱۰۷۹۳	۱۴۲۹۵
سنقر	۵۴۲۴	۵۵۱۷	۱۲۶۳۷	۲۴	۵۳۷	۰
صحنه	۳۶۸۵	۴۱۳۰	۱۱۹۹۶	۵۰	۲۰۶	۰
قصرشیرین	۱۲۵۵	۱۵۰۷	۳۴۷۱	۶	۷۰۱	۵۱۲۲
کرمانشاه	۸۶۷۴۱	۵۳۵۸۷	۱۶۴۷۵۳	۴۲۱	۴۷۶۱	۳۶۱۸
کنگاور	۵۳۹۳	۱۴۲۵	۱۵۰۳۹	۵	۱۱	۰
گیلانغرب	۳۰۷۵	۲۴۹۸	۸۸۵۰	۱۱	۳۵۸۹	۱۰۶۸۴
هرسین	۴۲۶۱	۱۶۶۸	۱۴۳۹۵	۲۵	۳۸۱	۱۳۴

استان کرمانشاه محاسبه شد.



شکل ۲: الف - نسبت تعداد واحدهای آسیب دیده به کل واحدها، ب - نسبت تعداد پرداخت به تعداد بیمه شده

ضریب جهانی موران به بررسی خودهمبستگی فضایی داده‌ها و الگوی توزیع فضایی حاکم بر داده‌ها می‌پردازد. الگوی توزیع فضایی به تفاوت‌های بین مناطق اشاره دارد. مقادیر نزدیک به +۱، -۱ و ۰ به ترتیب نشان‌دهنده توزیع خوشه‌ای، پراکنده و تصادفی مشاهدات هستند. ضریب جهانی موران از رابطه

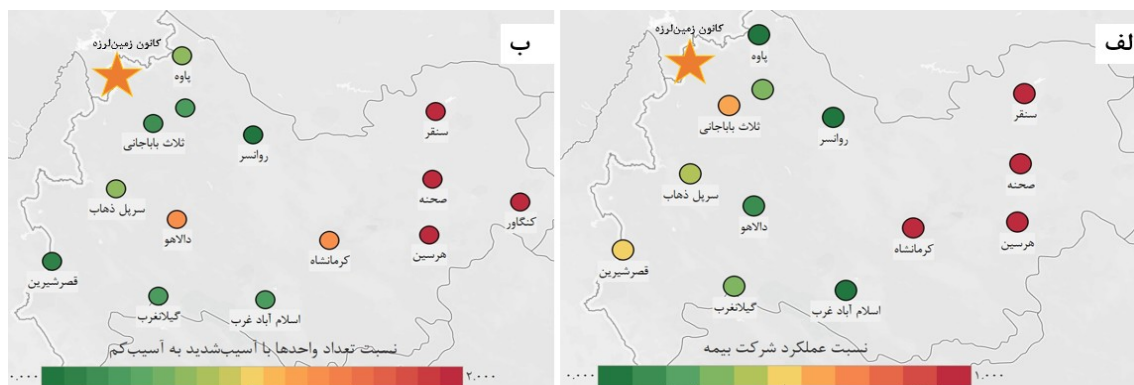
$$I = \frac{N}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (1.3)$$

محاسبه می‌شود، که در آن N تعداد مشاهدات در فضای دوبعدی در موقعیت (i, j) ، x مقدار متغیر در سطح شهرستان، w_{ij} وزن فضایی بین مقدار متغیر در موقعیت (i, j) و w ماتریس وزن متناظر است. در این مطالعه این ضریب برای نسبت عملکرد محاسبه شد. مقدار $۰/۴۹$ بیانگر خودهمبستگی فضایی و خوشه‌ای بودن متغیر است (جدول ۲). این ضریب با استفاده از بسته نرم‌افزاری SPDEP در نرم افزار R محاسبه شد (آنسلین، ۱۹۹۵). مطابق شکل ۳ الف، مناطق شرقی استان کرمانشاه دارای خودهمبستگی قوی و مناطق غربی دارای خودهمبستگی متوسط هستند. یعنی مقادیر نسبت عملکرد با مقادیر مشابه در هر خوشه همسایه هستند. در واقع عملکرد شرکت بیمه در زلزله سرپل ذهاب کرمانشاه دارای دوخوشه با

جدول ۲: ضریب موران نسبت عملکرد شرکت بیمه

متغیر	ضریب موران	مورد انتظار	واریانس	z-value	p-value
نسبت عملکرد	۰/۴۹	-۰/۰۹	۰/۰۲	۴/۲۸	۰/۰۰

همبستگی فضایی است. مناطق با آسیب متوسط و شدید، و مناطق با آسیب کم، دو خوشه این عملکرد هستند. در خوشه با آسیب شدید و متوسط ثلاث باباجانی تا قصرشیرین با افزایش فاصله از کانون و کاهش شدت زمین لرزه، نسبت عملکرد کاهش می‌یابد. در واقع می‌توان گفت به واحدهای مسکونی که آسیب کمتری در مناطق با آسیب متوسط دیده‌اند، پرداخت کمتری شده است. مثلاً تشخیص ترک‌های سطحی ساختمان به عنوان آسیب ناشی از زلزله غیرقابل باورتر شده است. در خوشه آسیب کم در مناطق شرقی، نسبت پرداخت بالا بوده است. در واقع با مراجعه به شکل ۳ ب، می‌توان دریافت که در این مناطق واحدهای با آسیب شدید بیمه شده‌اند. در این مناطق نسبت تعداد واحدهای با آسیب شدید به واحدهای با آسیب کم بالا است.



شکل ۳: الف- نسبت عملکرد شرکت بیمه، ب- نسبت تعداد واحدهای احدثی به تعمیری

۱.۳ رگرسیون لوژیستیک

مدل رگرسیون لوژیستیک یکی از مدل‌های خطی تعمیم‌یافته با توزیع دوجمله‌ای برای متغیر پاسخ است که در آن از تبدیل لجیت به عنوان تابع پیوند استفاده می‌شود. اگرچه متغیر وابسته در رگرسیون لوژیستیک دوجمله‌ای است، اما لجیت تابع پیوسته‌ای است که براساس آن مدل رگرسیون به صورت

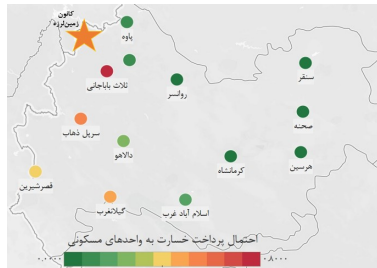
$$\text{logit}(\bar{p}_i) = \log\left(\frac{\bar{p}_i}{1 - \bar{p}_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 rdi_i \quad (2.3)$$

است. در این رابطه \bar{p}_i برآورد احتمال پرداخت خسارت به واحدهای مسکونی توسط شرکت بیمه در موقعیت i ، متغیر rdi_i نسبت آسیب در موقعیت i ، و β_0 و β_1 ضرایب رگرسیونی مدل هستند که براساس مشاهدات برآورد می‌شوند. شکل ۴ مدل

جدول ۳: برآورد ضرایب رگرسیون لوژیستیک

ضریب	برآورد	مقدار احتمال
β_0	-۲/۷۶	۰/۰۰
β_1	۲/۵۷	۰/۰۰

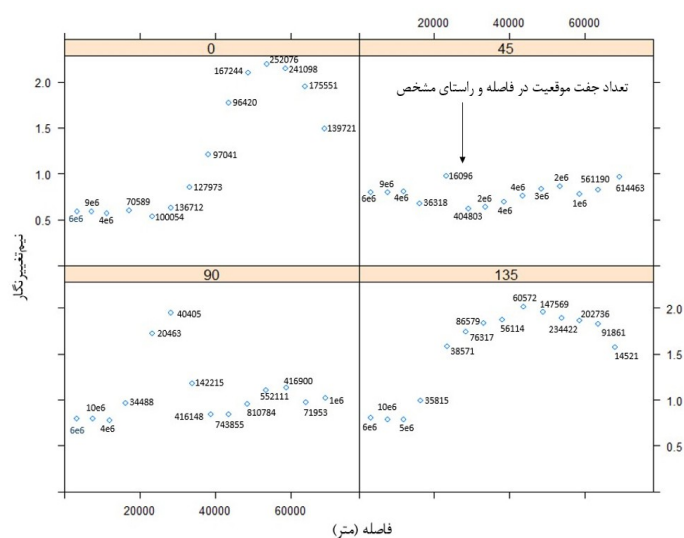
احتمال پرداخت خسارات به یک واحد مسکونی توسط شرکت بیمه براساس نسبت آسیب را نشان می‌دهد. با کاهش نسبت آسیب، احتمال پرداخت کاهش می‌یابد. در واقع می‌توان نتیجه گرفت در مناطقی که میزان آسیب در کل آن منطقه فراگیر نیست، احتمال پرداخت توسط شرکت‌های بیمه کمتر می‌شود.



شکل ۴: احتمال پرداخت خسارت به یک واحد مسکونی براساس مدل رگرسیون لوژیستیک

۲.۳ همبستگی فضایی باقیمانده‌ها

با توجه به فضایی بودن و وجود همبستگی فضایی میان مشاهدات می‌توان با استفاده از مدل‌هایی که همبستگی فضایی را لحاظ می‌کنند، احتمال پرداخت را با دقت بالاتر برآورد کرد. بنابراین می‌توان با استفاده از نیم‌تغییرنگار همبستگی فضایی باقیمانده‌ها را بررسی و در مدل‌ها استفاده نمود. مطابق شکل ۵، نیم‌تغییرنگار باقیمانده‌های احتمال پرداخت در استان کرمانشاه در چهار جهت با استفاده از بسته نرم‌افزاری GSTAT در نرم‌افزار R رسم شده است (پسما، ۲۰۰۴). همبستگی فضایی باقیمانده‌ها در راستای صفر و ۱۳۵ درجه نسبت به شمال، دامنه بزرگتری نسبت به سایر جهت‌ها دارد و میزان همبستگی فضایی بیشتر است. بنابراین می‌توان پس از تعیین دامنه و نسبت ناهمسانگردی، برای توسعه مدل‌های احتمال پرداخت بر مبنای همبستگی فضایی و ناهمسانگردی اقدام کرد.



شکل ۵: نیم‌تغییرنگار باقیمانده‌های احتمال پرداخت برای یک واحد مسکونی در زلزله

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به وجود همبستگی فضایی میان آسیب‌های زلزله و پرداخت‌ها، استفاده از روش‌های آمار فضایی می‌تواند دقت بررسی را افزایش دهد. توزیع فضایی درصد پرداخت‌های شرکت‌های بیمه در طی یک دهه گذشته در زلزله نشان داد که برخی شرکت‌های بیمه گسترش مناسبی در کشور ندارند و در اثر وقوع زمین‌لرزه‌های شدید، به شدت تحت فشار قرار می‌گیرند و مبالغ زیادی پرداخت می‌کنند. بررسی تعداد پرداخت‌های یک شرکت بیمه در زلزله سرپل ذهاب کرمانشاه نشان داد که عملکرد این شرکت دارای همبستگی فضایی و خوشه‌ای است. این شرکت ساختمان‌های آسیب‌پذیر در بخش‌های شرقی استان کرمانشاه را بیمه کرده و نسبت عملکرد برای این مناطق بالاتر است. نسبت عملکرد برای بخش‌های غربی با آسیب متوسط و زیاد با افزایش فاصله و کاهش نسبت آسیب، کمتر می‌شود. در واقع واحدهای با سطح آسیب جزئی در حد ترک‌خوردگی تعداد پرداخت کمتری از شرکت بیمه دریافت کردند. علاوه بر این، بررسی احتمال پرداخت خسارت توسط شرکت بیمه نشان می‌دهد که با کاهش نسبت آسیب، احتمال پرداخت به واحدهای مسکونی کاهش می‌یابد و استفاده از مدل‌های با همبستگی فضایی می‌تواند دقت مدل‌ها را افزایش دهد. در نهایت می‌توان با استفاده از نتایج و مدل احتمال پرداخت، نسبت به توسعه مدل‌های تعیین تعرفه در کنار تحلیل ریسک منطقه پرداخت.

مراجع

- Abbasnejadfar, M., Bastami, M. and Fallah, A. (2020), Investigation of Anisotropic Spatial Correlations of Intra Event Residuals of Multiple Earthquake Intensity Measures Using Latent Dimensions Method, *Geophysical Journal International*, **222**, 1449-1469.
- Abbasnejadfar, M., Bastami, M. and Fallah, A. (2019), Application of Multivariate Spatial Correlation Model in Seismic Hazard Analysis Considering Anisotropy, *3rd Seminar on Spatial Statistics and Its Applications*, 1-12, Zanjan.
- Anselin, L. (1995), Local Indicators of Spatial Association—LISA, *Geographical Analysis*, **27**, 93-115.
- Garakaninezhad, A. and Bastami, M. (2019), Seismic Hazard Analysis of Lifeline Networks Considering Anisotropy of Earthquake Ground-motion Intensity, *3rd Seminar on Spatial Statistics and Its Applications*, 51-59, Zanjan.
- Goda, K., Wilhelm, K. and Ren, J. (2020), Relationships Between Earthquake Insurance Take Up Rates and Seismic Risk Indicators for Canadian Households, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, **50**, 101754.
- Grace, M., Klein, R., Kleindorfer, P. and Murray, M. (2003). *Catastrophe Insurance: Consumer Demand, Markets and Regulation*, Springer, Boston.
- Kajitani, Y., Chang, S. and Tatano, H. (2013), Economic Impacts of the 2011 Tohoku-Oki Earthquake and Tsunami, *Earthquake Spectra*, **29**, 457-478.

King, A., Middleton, D., Brown, C., Johnston, D. and Johal, S. (2011), Insurance: Its Role in Recovery from the 2010–2011 Canterbury Earthquake Sequence, *Earthquake Spectra*, **30**, 475-491.

Kunreuther, H. and Pauly, M. (2004), Neglecting disaster: Why Don't People Insure Against Large Losses?, *Journal of Risk and Uncertainty*, **28**, 5-21.

Muir-Wood, R. (2011), Designing Optimal Risk Mitigation and Risk Transfer Mechanisms to Improve the Management of Earthquake Risk in Chile, *Organisation for Economic Cooperation and Development*.

Pakdel-Lahiji, N., Hochrainer-Stigler, S., Ghafory-Ashtiany, Mohsen. and Sadeghi, M. (2015), Consequences of Financial Vulnerability and Insurance Loading for the Affordability of Earthquake Insurance Systems: Evidence from Iran, *Geneva Papers on Risk and Insurance*, **40**, 295-315.

Park, J., Bazzurro, P. and Baker, J. (2007), Modeling Spatial Correlation of Ground Motion Intensity Measures for Regional Seismic Hazard and Portfolio Loss Estimation, *10th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering*, 1-8.

Pebesma, E. (2004), Multivariable Geostatistics in S: The GSTAT Package, *Computers & Geosciences*, **30**, 683-691.

Pothon, A., Gueguen, P., Buisine, S. and Bard, P. (2019), California Earthquake Insurance Unpopularity: The Issue Is the Price, Not the Risk Perception, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **19**, 1909-1924.

ZHOU, X., Pu, L. and Ke, W. (2018), Is the "One Province One Rate" Premium Policy Reasonable for Chinese Crop Insurance? The Case in Jilin Province, *Journal of Integrative Agriculture*, **17**, 1900-1911.