

تحلیل همبستگی مکانی داده‌های شبکه شتابنگاری ایران

امیر صادقی باقرآبادی^۱، عبدالکریم اودیا^۲، نجمیه محمدی^۳

^۱دانشکده علوم زمین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، ایران Amir.Sadeghi@Hotmail.com

^۲مرکز بین‌المللی فیزیک نظری، تریسته، ایتالیا

^۳موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران

چکیده

مقادیر جنبش زمین حاصل از یک زلزله ثبت شده در ایستگاه‌های مجاور دارای همبستگی مکانی هستند. وجود این همبستگی در نتیجه شرایط مشترک و مشابه چشمه زلزله، مسیر انتشار موج و ساختگاه است. مقدار همبستگی مکانی با افزایش فاصله جدایش بین دو ایستگاه کاهش می‌یابد. لزوم مدل‌سازی این روند تغییرات در همبستگی مکانی در ارزیابی ریسک لرزه‌ای زیرساخت‌ها رخ می‌نماید. از آنجا که شرایط پیچیده تکتونیکی ایران منجر به وقوع تعداد زیادی زلزله مخرب شده است، بررسی همبستگی مکانی را می‌توان به عنوان گامی موثر در ارزیابی ریسک لرزه‌ای در ایران به حساب آورد. به این منظور، در این پژوهش تحلیل همبستگی مکانی بر روی داده‌های شبکه شتابنگاری ایران انجام پذیرفته است و دو تابع نمایی و گوسی به سمی‌واریوگرام‌های به دست آمده برازش گردید. نتایج حاصل نشان‌دهنده انطباق بیشتر مدل گوسی با مقادیر همبستگی مکانی در فواصل جدایش کوتاهتر است. مدل نمایی به دست آمده برای افت همبستگی مکانی مشابه با میانگین مدل‌های ارائه شده در مطالعات پیشین است.

واژه‌های کلیدی: جنبش نیرومند، تحلیل بازماند، همبستگی مکانی، ریسک لرزه‌ای، ایران، سمی‌واریوگرام

Spatial Correlation Analysis of Iranian Strong-Motion Dataset

Amir Sadeghi-Bagherabadi¹, Abdelkrim Aoudia², Najmieh Mohammadi³

¹Department of Earth Sciences, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences, Iran (Amir.Sadeghi@Hotmail.com)

²Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, Trieste, Italy

³Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

Abstract

Ground motions recorded from a specific earthquake at nearby sites are spatially correlated. This correlation is as a result of common earthquake source properties, similar propagation path and local soil conditions. The spatial correlation decreases by increasing the separation distance. The necessity of spatial correlation modeling is exposed especially in seismic risk assessment of infrastructure. Due to the fact that the complicated tectonic setting of Iran has resulted in the numerous destructive earthquakes, Investigation of spatial correlation would be an effective step towards more accurate evaluation of seismic risk in Iran. For this propose, correlation analysis is carried out using Iranian strong motion dataset and Gaussian and exponential functional forms are fitted to the experimental semivariograms. The obtained results show that Gaussian model can better fit the values at shorter separation distances. The proposed spatial correlation decay evaluated by exponential model is comparable with correlation values presented by previous studies.

Keywords: Strong-motion, Residual analysis, Spatial correlation, Seismic risk, Iran, Semivariogram

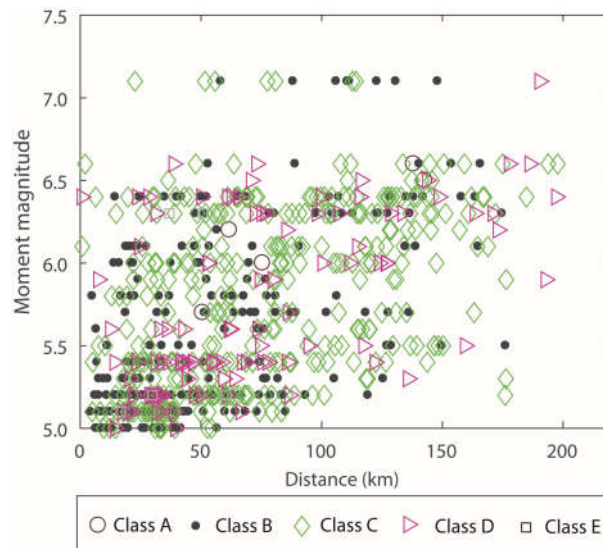
۱ مقدمه

می‌توان از روابط کاهیدگی به عنوان اصل‌ترین ابزار به منظور پیش‌بینی پارامترهای جنبش زمین نام برد. با این حال مقادیر پیش‌بینی شده توسط این روابط لزوماً با مشاهدات جنبش زمین برابر نیستند. خطای کل حاصل از تفریق مقادیر مشاهداتی و محاسباتی را می‌توان به دو مولفه خطای درون‌رخدادی و برون‌رخدادی تفکیک کرد. انحراف‌معیار خطاهای کلی، درون‌رخدادی و برون‌رخدادی را به ترتیب با σ ، Φ و T نشان می‌دهند (Al Atik et al., 2010). همبستگی مکانی خطاهای درون‌رخدادی به عنوان یکی از پارامترهای مهم قابل استخراج در فرآیند تحلیل بازماند محسوب می‌شود و مستقیماً تحت تاثیر میزان جنبش زمین ثبت شده در سایت‌های مجاور قرار دارد. پارامترهای جنبش زمین حاصل از یک زلزله و ثبت شده در ایستگاه‌های مختلف دارای همبستگی مکانی هستند. این همبستگی در نتیجه تاثیر عوامل مشترکی همچون ویژگی‌های مشترک چشمه

لرزه‌ای و تشابه در مسیر انتشار و شرایط ساختگاه ایجاد می‌شود. میزان این تاثیرات و همبستگی مکانی با افزایش فاصله بین دو سایت کاهش می‌یابد. عمده کاربرد و تاثیر همبستگی مکانی در برآورد میزان خطر و ریسک لرزه‌ای با استفاده از رکوردهای جنبش زمین است. لزوم مدل‌سازی این پارامتر در ارزیابی توزیع مکانی ریسک مرتبط با زیرساخت‌ها، شریان‌های حیاتی و خطوط مواصلاتی و حمل و نقل رخ می‌نماید. اهمیت این موضوع از وجود این واقعیت نشأت می‌گیرد که افزایش در میزان همبستگی مکانی به افزایش میزان خسارات منتج می‌گردد (Hong, 2000). همبستگی مکانی را می‌توان همزمان با انجام رگرسیون برای به دست آوردن ضرائب رابطه کاهیدگی و به عنوان یک ضریب نامعلوم برآورد کرد و یا با استفاده از تحلیل مقادیر بازماند به دست آمده از یک رابطه کاهیدگی از پیش موجود آن را محاسبه نمود (Jayaram and Baker, 2009; Goda and Atkinson, 2010).

۲ روش تحقیق

در این پژوهش از داده‌های شبکه شتابنگاری ایران استفاده شده است. مجموعه داده جمع‌آوری شده مشتمل بر بیش از ۶۰۰ رکورد سه مولفه‌ای حاصل از ۸۵ زلزله و ثبت شده در ۳۰۰ ایستگاه شتابنگاری بوده است. میانگین سرعت موج برشی در ۳۰ متر بالایی هر ایستگاه به منظور طبقه‌بندی نوع ساختگاه طبق استاندارد NEHRP مورد استفاده قرار گرفته است (Building Seismic Safety Council [BSSC], 2001) (شکل ۱).



شکل ۱. توزیع بزرگی و فاصله برای داده‌های مورد استفاده در این مطالعه به تفکیک نوع ساختگاه.

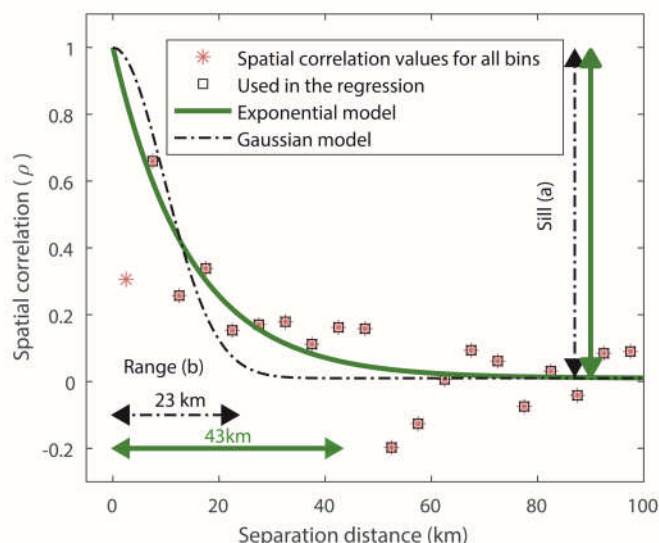
با استفاده از رکوردهای شتابنگاری مقادیر بیشینه شتاب و طیف پاسخ در پیوندهای کمتر از ۳ ثانیه محاسبه گردید تا در تحلیل همبستگی مکانی مورد استفاده قرار گیرد. بسیاری از مطالعات همبستگی مکانی با استفاده از رکوردهای یک زلزله خاص که توسط تعداد زیادی ایستگاه به ثبت رسیده است، انجام پذیرفته است. در این دسته از مطالعات وجود یک شبکه شتابنگاری فشرده پیرامون زمین‌لرزه ضروری است. در غیاب چنین شبکه فشرده‌ای در ایران، ما از روش ارائه شده توسط Jayaram and Baker, (2010) بهره جسته‌ایم. در این روش بجای استفاده از یک زلزله با تعداد رکورد زیاد از مجموعه داده‌ای متشکل از چندین زلزله استفاده می‌شود. مراحل اصلی چهارگانه این روش به شرح زیر است:

۱. مقادیر بازماند درون‌رخدادی به وسیله مقدار Φ بهنجار می‌شوند.
۲. جفت داده‌های موجود بر حسب فاصله جدایش بین ایستگاه‌ها در گروه‌های مختلف دسته‌بندی می‌شوند.
۳. اختلاف بین بازماندهای بهنجار شده برای جفت داده‌ها (δW_{jp}^* و δW_{ip}^*) از رابطه (۱) محاسبه می‌گردد.
۴. با استفاده از مقادیر اختلاف محاسبه شده سمی‌واریوگرام برآورد می‌گردد.

$$\delta W_d = \delta W_{pi}^* - \delta W_{pj}^* \quad (1)$$

سمی‌واریوگرام، γ ، یک ابزار زمین‌آماری است که تابعی از فاصله جدایش، h ، بوده و به وسیله رابطه (۲) با همبستگی مکانی، ρ ، مرتبط است:

$$\hat{\rho}(h) = 1 - \hat{\gamma}(h) \quad (2)$$



شکل ۲. همبستگی مکانی و توابع نمایی و گوسی برازش شده به آن‌ها برای بیشینه شتاب.

۳ نتیجه‌گیری

با به کارگیری روش فوق مقادیر همبستگی مکانی در فواصل جدایش مختلف محاسبه گردید. Jayaram and Baker, (2009) پیشنهاد کرد که برای مدل کردن تغییرات همبستگی مکانی با فاصله جدایش از برازش یک تابع نمایی (رابطه ۳) و یک تابع گوسی (رابطه ۴) استفاده شود.

$$\hat{\rho}(h) = \exp(-\tau h/b) \quad (3)$$

$$\hat{\rho}(h) = \exp(-\tau h^1/b^1) \quad (4)$$

در این روابط پارامتر b دامنه نام دارد و برابر با فاصله جدایشی است که در آن همبستگی مکانی $\hat{\rho}(h)$ به میزان ۹۵ درصد افت می‌کند. مقادیر همبستگی مکانی و توابع نمایی و گوسی برازش شده در شکل (۲) نمایش داده شده است. مقدار دامنه به دست آمده برای بیشینه شتاب با استفاده از مدل گوسی برابر با ۴۳ کیلومتر بوده و دامنه به دست آمده از برازش مدل نمایی ۲۳ کیلومتر است (شکل ۲). مقایسه نتایج این مطالعه و سایر پژوهش‌های صورت پذیرفته در مورد همبستگی مکانی نشان می‌دهد که روند افت همبستگی مکانی به دست آمده در تطابق با میانگین نتایج مطالعات پیشین قرار دارد.

منابع

- Al Atik, L., Abrahamson, N. A., Bommer, J. J., Scherbaum, F., Cotton, F. and Kuehn N, 2010, The variability of ground-motion prediction models and its components, *Seismol. Res. Lett.* 81, 794-801.
- Building Seismic Safety Council (BSSC), 2001, National Earthquake Hazard Reduction Program (NEHRP). Part 1: Recommended provision for seismic regulations for new buildings and other structure, 2000 edition (FEMA 368), prepared by the Building Seismic Safety Council for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- Goda, K., and Atkinson, G. M., 2010, Intraevent spatial correlation of ground-motion parameters using SK-net data, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 100, 3055-3067.
- Hong, H. P., 2000, Distribution of structural collapses and optimum reliability for infrequent environmental loads, *Struct. Saf.* 22, 297-311.
- Jayaram, N., and Baker, J. W., 2009, Correlation model for spatially distributed ground-motion intensities, *Earthq. Eng. Struct. Dyn.* 38, 1687-1708.
- Jayaram, N., and Baker, J. W., 2010, Considering spatial correlation in mixed-effects regression, and impact on ground-motion models, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 100(6), 3295-3303.