

تحلیل مکانی لرزه خیزی در ناحیه زاگرس با استفاده از مدل سازی واریوگرام

سید ناصر هاشمی^۱، فهیمه کولیوند^۲

^۱استادیار زمین شناسی ساختاری و لرزه زمین ساخت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، hashemi@du.ac.ir

^۲دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، F.Koolivand2015@gmail.com

چکیده

در این تحقیق، الگوی تغییرات مکانی لرزه خیزی در ناحیه زاگرس با استفاده از روش تحلیل واریوگرام مورد بررسی قرار گرفته است. به این منظور، بر مبنای داده های لرزه خیزی ناحیه، تغییرات مکانی متغیر چگالی انرژی لرزه ای آزاد شده، بررسی شده و نمودارهای واریوگرام معرف این تغییرات مکانی در راستاهای مختلف مورد تحلیل و تفسیر قرار گرفته است. نتایج بدست آمده حکایت از آن دارد که در راستاهای نزدیک به شمال غرب-جنوب شرق (به موازات روند کلی کمربند زاگرس)، متغیر ناحیه ای مورد مطالعه دارای کمترین تغییرات مکانی بوده و برعکس در راستای عمود بر این محور، بیشترین تغییرات مکانی و ناهمگنی مکانی در الگوی لرزه خیزی دیده می شود. نتایج این تحقیق نشان می دهد روش های زمین آماری و بویژه تحلیل واریوگرام ها در ارزیابی تغییرات مکانی متغیرهای مرتبط با فعالیت لرزه خیزی می توانند بسیار مفید باشند.

واژه های کلیدی: لرزه خیزی، لرزه زمین ساخت، تحلیل مکانی، زاگرس، زمین آمار، انرژی لرزه ای آزاد شده

Spatial analysis of the seismicity in the Zagros region using Variogram modeling

Seyed Naser Hashemi¹, Fahimeh Koolivand²

¹Assist. Prof., School of Earth Sciences, Damghan University, Damghan, Iran, hashemi@du.ac.ir

²M.Sc. Student, School of Earth Sciences, Damghan University, F.Koolivand2015@gmail.com

Abstract

In this research, the spatial pattern of seismic activity in the Zagros region has been investigated using Variogram analysis method. For this purpose, based on the analysis of the seismicity data of the region, the spatial variations of the density of seismic energy released, have been investigated and the Variograms representing these spatial variations in different directions, have been provided and interpreted. The results obtained show that across the directions close to NW-SE (nearly parallel to the general trend of the Zagros belt), the least spatial variations and in contrast in directions nearly perpendicular to the axis, the highest degree of spatial variations and spatial heterogeneities are observed. The results also indicate that geostatistics methods, and in particular Variogram modeling, can be very useful in evaluating spatial variations associated with seismic activity of regions.

Keywords: Seismicity, Seismotectonics, Spatial analysis, Zagros, Geostatistics, Seismic energy released

۱ مقدمه

ناحیه زاگرس از جمله فعال ترین نواحی لرزه خیز در فلات ایران محسوب می شود. لرزه خیزی این ناحیه با رخداد زلزله های فراوان و با بزرگای کم تا متوسط و با عمق کانونی کم قابل توصیف است. در این تحقیق، نحوه تغییرات مکانی فعالیت لرزه ای این ناحیه با استفاده از روش مدل سازی واریوگرام مورد بررسی قرار گرفته است. زمین آمار به عنوان شاخه ای از علوم آماری و تحلیل داده ها توانسته است به خوبی در تحلیل متغیرهای ناحیه ای و داده های مکانی و زمانی مورد استفاده قرار گیرد.

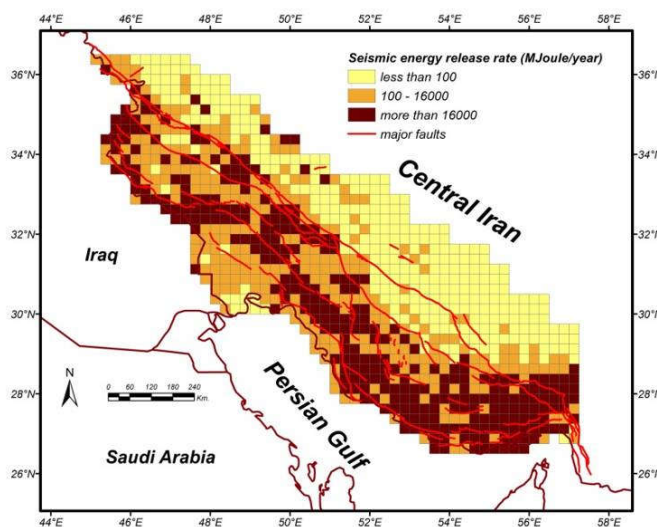
روش های زمین آماری مختلفی برای بررسی الگوی تغییرات مکانی متغیرهای ناحیه ای مورد استفاده قرار گرفته است. مدل سازی واریوگرام ها و تحلیل و تفسیر آنها از جمله مهمترین این روشها به شمار می روند. واریوگرام نموداری است که برای بررسی و ارزیابی کمی الگوی تغییر پذیری مکانی متغیرهای ناحیه ای بکار می رود. در مطالعات علوم زمین از آنجا که بسیاری از متغیرها تغییرات مکانی وابسته به جهت دارند، می توان از بررسی و مقایسه واریوگرام های تهیه شده در جهات مختلف برای مطالعه الگوی جهتی تغییرات متغیرها استفاده نمود (Deutsch, 2002). این نمودار تغییرات واریانس یک متغیر ناحیه ای نسبت به فاصله را طبق معادله زیر نمایش می دهد:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} \left[Z_{(u(i)+h)} - Z_{(u(i))} \right]^2 \quad (1)$$

که در فرمول فوق $\gamma(h)$ مقدار واریانس، $N(h)$ تعداد جفت داده هایی که در جدایش فاصله ای h برای محاسبه واریانس مورد استفاده قرار گرفته است، و $Z(u)$ نیز مقادیر متغیر ناحیه ای مورد مطالعه در موقعیت مکانی u است (Webster and Oliver, 2007). متغیرهای ناحیه ای بر حسب شدت و نحوه تغییرات مکانی مقادیر آنها، الگوهای متفاوتی از این نمودار را نشان خواهند داد. فرض بر این است که با بررسی و مدل سازی واریوگرام ها بتوان نحوه تغییرات مکانی متغیرهای ناحیه ای را بررسی نمود و در صورتی که این تغییرات وابسته به جهت باشند این موضوع بصورت کمی نمایش داده شود. در طی دهه های اخیر مطالعات فراوانی در رابطه با کاربرد این روش در بررسی تغییرات مکانی متغیرهای ناحیه ای به عمل آمده است (هاشمی و عسکری، ۱۳۹۱؛ Maus, 1999).

۲ روش تحقیق

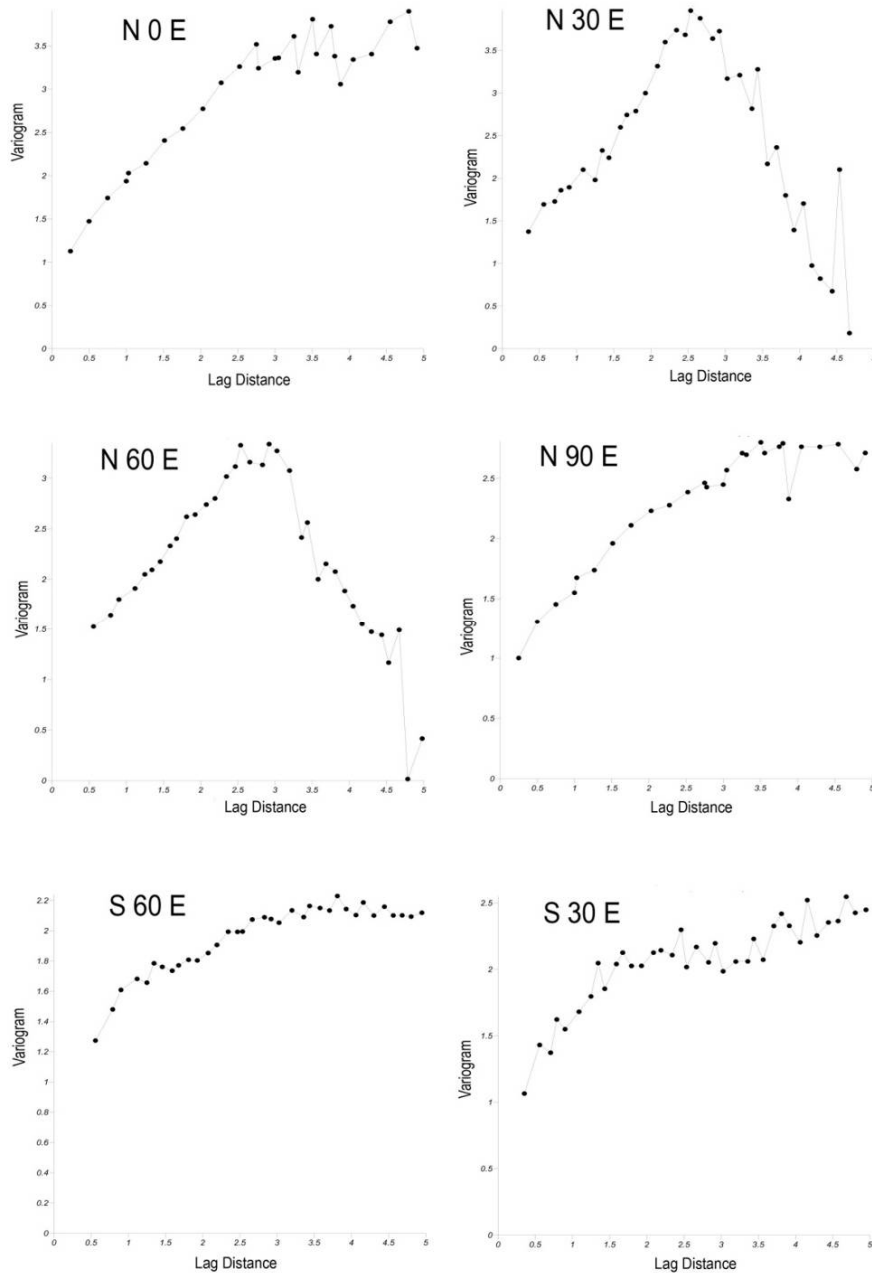
به منظور انجام این تحقیق، داده های لرزه ای ناحیه مورد مطالعه از پایگاه داده ای USGS و در بازه زمانی آغاز ۱۹۷۸ تا پایان ۲۰۱۷ (۴۰ سال) دریافت شده و در محیط نرم افزارهای ArcGIS و Surfer پردازش و تحلیل شده است.



شکل ۱. نقشه الگوی توزیع مکانی متغیر چگالی انرژی لرزه ای آزاد شده در ناحیه زاگرس

با توجه به عدم همگنی مکانی این داده های نقطه ای و به منظور کاهش خطا، ابتدا ناحیه مورد مطالعه به سلول های مربعی شکل و با ابعاد ۰/۲۵ درجه تقسیم شد. سپس برای هر سلول مقدار چگالی مقدار انرژی لرزه ای آزاد شده (برحسب مگا ژول بر سال) محاسبه شده (Kanamori et al., 1993) و به عنوان یک متغیر به سلول ها اختصاص داده شد. در شکل ۱ الگوی شبکه بندی ناحیه مورد مطالعه و توزیع مکانی مقادیر متغیر انرژی لرزه ای آزاد شده در ناحیه، نمایش داده شده است. نگاهی کلی به

این نقشه حکایت از آن دارد که به سمت بخش های مرکزی ناحیه زاگرس، و بویژه مناطقی که تراکم بالاتری از گسل های فعال را دارا می باشد، انرژی لرزه ای نیز به مقدار بیشتری آزاد شده است.



شکل ۲. نمودارهای واریوگرام تهیه شده در راستاهای مختلف برای بررسی نحوه توزیع مکانی متغیر انرژی لرزه ای آزاد شده در ناحیه زاگرس.

در ادامه، و به منظور بررسی چگونگی تغییرات مکانی متغیر مورد مطالعه و وابستگی این تغییرات به جهت، داده های این تحقیق در نرم افزار Surfer مورد تحلیل قرار گرفت و نمودارهای واریوگرام مربوط به متغیر مورد مطالعه در جهات مختلف تهیه

شد. در شکل ۲ نمودارهای واریوگرام تهیه شده در راستاهای مختلف برای بررسی نحوه توزیع مکانی متغیر چگالی انرژی لرزه ای آزاد شده در ناحیه زاگرس نمایش داده شده است. مقایسه واریوگرام های نمایش داده شده در شکل ۲ گویای آن است که با تغییر راستا، تفاوت قابل ملاحظه ای در الگوی تغییر پذیری متغیر چگالی انرژی لرزه ای آزاد شده در ناحیه زاگرس دیده می شود. این تفاوت به وضوح در اختلاف مقادیر سقف واریانس (Sill) و دامنه تأثیر (Range) نمودارها قابل مشاهده است. بر این اساس می توان چنین نتیجه گیری نمود که تغییر پذیری این متغیر ناحیه ای الگویی کاملاً ناهمسانگرد دارد به گونه ای که کمترین مقدار دامنه تأثیر واریوگرام ها به راستای تقریبی N 30-60 E مربوط می شود که نشان دهنده بیشترین گرادیان تغییر در این راستا است. از سوی دیگر، در راستای تقریبی S 60 E (یعنی تقریباً به موازات روند کلی رشته کوه زاگرس)، کمترین درجه تغییرپذیری مشاهده می شود. بررسی این تفاوت نرخ تغییرپذیری در راستاهای مختلف و مقایسه کلی آن با الگوی زمین ساختی ناحیه زاگرس بر آن دلالت دارد که این الگوی تغییرپذیری به شدت تحت تأثیر روند گسل های فعال و لرزه زای این ناحیه بوده که نقش آنها در الگوی لرزه خیزی این ناحیه غیر قابل انکار است.

۳ نتیجه گیری

در این مطالعه کاربرد روش زمین آماری تحلیل واریوگرام ها در بررسی الگوی مکانی تغییرات لرزه خیزی در ناحیه زاگرس مورد مطالعه قرار گرفته است. بررسی و مقایسه واریوگرام های تهیه شده در راستاهای مختلف نشان می دهد متغیر چگالی انرژی لرزه ای آزاد شده در این ناحیه الگویی کاملاً ناهمسانگرد را نشان می دهد. بیشترین شدت تغییر پذیری این متغیر در راستای تقریبی شمال شرقی - جنوب غربی یعنی عمود بر روند کلی رشته کوه های زاگرس و کمترین مقدار نیز در راستای شمال غرب - جنوب شرق یعنی تقریباً موازی با این روند دیده می شود. این همخوانی قابل توجه می تواند به دلیل فعالیت لرزه ای گسل های فعال در این ناحیه باشد که باعث شده است به موازات روند کلی این گسل ها تداوم مکانی بیشتری در متغیر انرژی لرزه ای آزاد شده دیده شود. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که روش کمی تحلیل واریوگرام ها به عنوان یک روش جدید در بین روش های زمین آماری، می تواند به خوبی در شناخت الگوی تغییر پذیری مکانی متغیرهای ناحیه ای و تعیین همسانگردی یا ناهمسانگردی این متغیرها مفید باشد.

منابع

- هاشمی، ن.، عسکری، ل.، ۱۳۹۱، استفاده از روش زمین آماری تحلیل واریوگرام ها در بررسی تغییرات مکانی ناهنجاری گرانشی بوگه در ناحیه زاگرس، شانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه شیراز، شیراز.
- Deutsch, C.V., 2002, Geostatistical Reservoir Modeling, Oxford University Press, 376 Pages
- Kanamori, H., Mori, J., Hauksson, E., Heaton, Th. H., Hutton, L.K., and Jones, L.M., 1993, Determination of earthquake energy release and ML using TERRASCOPE, Bulletin of the Seismological Society of America, **83**, 330-346.
- Maus, S., 1999, Variogram analysis of magnetic and gravity data, Geophysics, **64(3)**, 776-784.
- Webster, R., Oliver, M. A., 2007, Geostatistics for Environmental Scientists, Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd.