

### Variogramas suavizados e contrastes de hipóteses en procesos espaciais

Rosa M. Crujeiras

*Departamento de Estatística e Investigación Operativa. Universidade de Santiago de Compostela, rosa.crujeiras@usc.es*

**Palabras clave:** Contrastos, Dependencia espacial, Técnicas de suavizado, Variograma

#### Resumo:

O variograma empírico (ou nube de variograma) é unha ferramenta amplamente utilizada nas ciencias aplicadas como a ecoloxía ([10]), o medio ambiente ([3]), a edafoloxía ([6]) ou as ciencias forestais ([7]). A principal vantaxe do variograma empírico é a de proporcionar unha estimación da estrutura de dependencia do proceso espacial subxacente facilmente interpretable, constituíndo asemade unha base para obter estimadores parámetricos do variograma e por conseguinte, dos seus parámetros asociados, usualmente identificados co rango de dependencia, a varianza puntual ou a variabilidade na microescala.

Con todo, o variograma empírico é un estimador altamente variable (véxase [8]), podendo dar lugar a estimacións moi diferentes de modelos parámetricos baixo xeracións de datos dun mesmo proceso espacial, mesmo con mostras de tamaño grande. Na literatura estatística existen varias contribucións que afondan no problema de determinar a distribución do variograma empírico. Por citar algúns exemplos, [4] establecen as propiedades asintóticas do variograma e [9] e [8] consideran o cálculo da estrutura de covarianzas do variograma empírico. Se ben o problema da alta variabilidade e a dificultade de establecer resultados manexables sobre a distribución do estimador empírico do variograma supoñen unha traba importante para o desenvolvemento de metodoloxías inferenciais máis complexas, os principais atrancos poden corrixiarse considerando a construción do variograma nunha escala transformada, tal e como propoñen [2]. Con este planteamento de considerar un *variograma* noutra escala, [1] desenvolven unha metodoloxía de estimación baseada en técnicas de suavizado con p-splines (véxase [5]) que permite derivar a súa estrutura de covarianzas en mostras de tamaño fixo coa que establecer bandas de confianza puntuais, realizar comparación de variogramas e contrastar as hipóteses de estacionariedade e isotropía.

Todos estes métodos serán ilustrados con datos reais e presentaranse as aplicacións desenvolvidas utilizando a función `sm.variogram` do paquete `sm` para R. Ademais de proporcionar os resultados dos distintos contrastes, a función `sm.variogram` achega visualizacións gráficas que permiten interpretar de xeito intuitivo os resultados obtidos.

## Referencias

- [1] Bowman, A.W. and Crujeiras, R.M. (2013) Inference for variograms. *Computational Statistics and Data Analysis*, 66, 19–31.
- [2] Cressie, N.A. e Hawkins, D. (1980) Robust estimation of the variogram. *Journal of the International Association for Mathematical Geology*, 12, 115–125.
- [3] Cressie, N.A., Kaiser, M.S., Daniels, M.J., Aldworth, J., Lee, J., Lahiri, S.N. e Cox, L.H. (1999) Spatial analysis of particulate matter in an urban environment. *Geostatistics for Environmental Applications*, 10, 41–52.

- [4] Davis, B.M. e Borgman, L.El (1982) A note on the asymptotic distribution of the sample variogram. *Journal of the International Association for Mathematical Geology*, 14, 189–193.
- [5] Eilers, P. e Marx, B. (1996) Flexible smoothing with b-splines and penalties. *Statistical Science*, 11, 89–102.
- [6] Emery, X. e Ortiz, J.M. (2007). Weighted sample variograms as a tool to better assess the spatial variability of soil properties. *Geoderma*, 140, 81–89.
- [7] Gunnarssona, F., Holma, S., Holmgrenb, P. e Thuressona, T. (1998) On the potential of kriging for forest management planning. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 13, 237–245.
- [8] Marchant, B. e Lark, R.M. (2004). Estimating variogram uncertainty. *Mathematical Geology*, 36, 867–898.
- [9] Pardo-Igúzquiza, E. e Dowd, P. (2001) Variance–covariance matrix of the experimental variogram: assessing variogram uncertainty. *Mathematical Geology*, 33, 397–419.
- [10] Richard, E., Rossi, D., Mulla, J., Journel, A.G. e Franz, E.H. (1992). Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecological Monographs*, 62, 277–314.