

ANÁLISIS Y PREDICCIÓN DE LA CALIDAD DE PIZARRA MEDIANTE EL ESTUDIO DE SUS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS, GEOTÉCNICAS Y ESTÉTICAS

Ángeles Saavedra¹, Javier Taboada², Vanesa Martínez³.

¹Departamento de Estadística e Investigación Operativa.
Universidade de Vigo.

²Departamento de Ingeniería de los Recursos Naturales y Medio Ambiente.
Universidade de Vigo.

³Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Minas.
Universidade de Vigo.

RESUMEN

Se analiza la calidad de un yacimiento de pizarra mediante el estudio de 16 sondeos extraídos. Debido al fin ornamental al que está destinado el material, el estudio se refiere a los parámetros que llevarán a determinar su valor en el mercado. Tras la delimitación de las zonas según su calidad se predicen, mediante técnicas de estadística espacial tridimensional, las regiones que permitan optimizar la explotación de la pizarra.

Palabras y frases clave: datos espaciales, dependencia espacial, kriging indicador.

Clasificación AMS: 62M30, 62P12, 62P30.

1. INTRODUCCIÓN

Los datos de pizarra utilizados en este trabajo proceden de 16 sondeos de testigo continuo de una explotación de Candaneo, en Ponferrada. Cada 25 centímetros se ha realizado un corte en el sondeo extraído y se han recogido, para esa localización, los datos referentes a 14 variables espaciales que definen las características geológicas, geotécnicas y estéticas determinantes del valor en el mercado de la pizarra. Este procedimiento da lugar a 3.378 datos de cada una de las variables espaciales.

El R.Q.D. (rock quality designation) toma valores en el intervalo (0, 100) y mide la calidad geotécnica del macizo rocoso. Las restantes variables toman valores en el intervalo (0, 10) y cuantifican en qué grado se pueden apreciar la presencia de venillas de cuarzo, crenulación, pizarra torcida, laminaciones arenosas, microfracturas, pirita, oxidación, pizarra poco fisible, cuarcitas, hebras o alteración. La combinación de estas características en una determinada zona permite clasificar la pizarra dentro de tres categorías de interés desde el punto de vista comercial: Calidad buena, calidad media y calidad baja. Ésta última es de muy poco interés para la explotación e implica que la pizarra se enviaría directamente a la escombrera.

El objetivo del estudio es delimitar zonas en función de estas tres categorías de calidad determinadas a partir de las 14 variables iniciales y mediante técnicas de estadística espacial tridimensional.

2. KRIGING INDICADOR

Un problema importante en el estudio de datos espaciales es la reconstrucción de un fenómeno sobre un dominio a partir de los valores observados en un número limitado de localizaciones. Habitualmente puede interesar construir una rejilla de predicción de una variable de interés o, como en esta ocasión, conocer si la variable excede un cierto umbral. El kriging está diseñado para estimar una variable en un punto, o su valor medio sobre un cierto soporte.

Denotamos por $Z(x)$ a la variable calidad de la pizarra en una cierta localización $x \in \mathbb{R}^3$. Deseamos predecir $I(z) = 1_{Z(x_0) \leq z}$ en una nueva localización $x_0 \in \mathbb{R}^3$ a partir de los datos $\{Z(x_i)\}_{i=1}^n$, con $n = 3.378$. Para un umbral z el kriging indicador, propuesto por Journel en 1983, predice $I(z)$ mediante kriging de la correspondiente función aleatoria $1_{Z(x) \leq z}$:

$$\hat{I}(z) = \sum_{i=1}^n \lambda_i 1_{Z(x_i) \leq z},$$

sujeito a $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$.

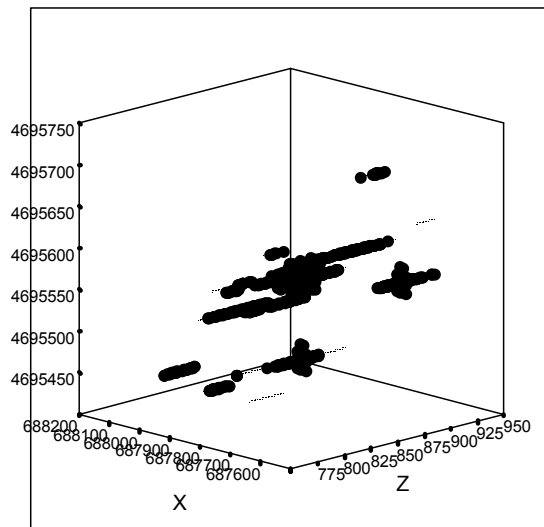
Se trata pues de un problema de kriging clásico, tras las siguientes simplificaciones:

1. Los datos iniciales de la variable $\{Z(x_i)\}_{i=1}^n$ deben ser reemplazados por el indicador $\{1_{Z(x_i) \leq z}\}_{i=1}^n$.
2. Los pesos λ_i del kriging deben ser calculados a partir del semivariograma del indicador.

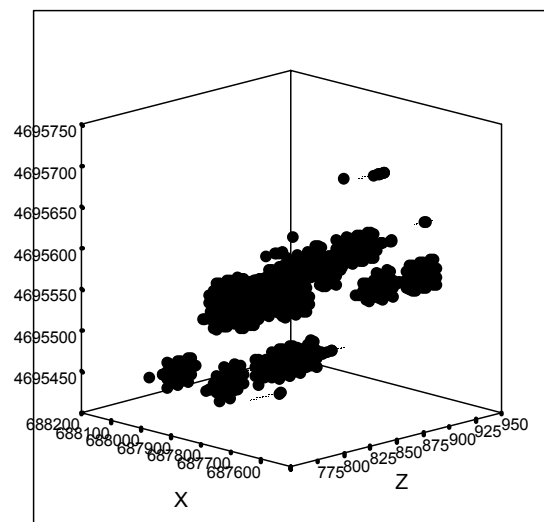
El kriging indicador presenta una serie de ventajas, como son que a) tiene en cuenta la estructura de cada indicador $1_{Z(x) \leq z}$ para valores de z diferentes, b) calcula una estimación de la varianza de la predicción y c) no requiere una modelización previa de la distribución F de la variable Z . Como desventaja nos encontramos con el hecho de que deben modelizarse tantos semivariogramas como niveles o umbrales z se hayan considerado y, por lo tanto, resolver otros tantos sistemas de kriging.

3. DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS SEGÚN CALIDAD

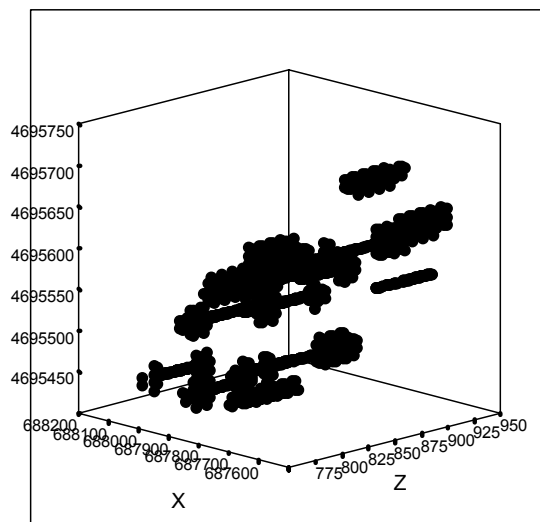
Puesto que son tres los valores de calidad que se distinguen serán dos los umbrales que, como puntos de corte, interesan distinguir. La variable $Z(x)$ es de tal forma que a menor valor mayor calidad de la pizarra. Por esta razón se distinguen dos umbrales z_1 y z_2 de forma que el intervalo $(-\infty, z_1]$ determina la calidad buena, $(z_1, z_2]$ se identifica con la calidad media y $(z_2, +\infty)$ señala la pizarra desechable. El ajuste de los semivariogramas, junto con la resolución de los correspondientes sistemas de kriging dan lugar a las zonas que se indican en los tres gráficos siguientes:



Predicción mediante kriging indicador de las zonas de pizarra de buena calidad.



Predicción mediante kriging indicador de las zonas de pizarra de calidad media.



Predicción mediante kriging indicador de las zonas de pizarra de calidad baja.

4. AGRADECIMIENTOS

La investigación del primer autor llevada a cabo en este trabajo ha sido parcialmente financiada por los proyectos BFM2002-00265 del Ministerio de Ciencia y Tecnología, PGIDI-T02PXIA30003PR de la Xunta de Galicia y por el Vicerrectorado de Investigación de la Universidad de Vigo.

5. REFERENCIAS

- Chilès, J.P. y Delfiner, P. (1999). *Geostatistics. Modeling Spatial Uncertainty*. Wiley.
- Cressie, N.A.C. (1993). *Statistics for Spatial Data*. Wiley.
- Journel, A.G. (1983). "Non parametric estimation of spatial distribution". *Mathematical Geology*. 15, 445-468.